



Escola Superior d'Enginyeries Industrials,  
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TRABAJO FINAL DE MASTER

**Máster en Ingeniería Industrial**

# **ESTUDIO DE UNA APILADORA EN PROCESOS CERÁMICOS**



## **Memoria**

<b>Autor:</b>	Daniel Sanz Alonso
<b>Director:</b>	Javier Salueña Berna
<b>Co-Director:</b>	Jose Antonio Ortiz Marzo
<b>Convocatoria:</b>	Septiembre 2017



## RESUMEN

La cerámica española es una de las industrias más importantes en el ámbito nacional además de ser sinónimo de liderazgo internacional, y como bien dice el organismo *marca España*, “la industria española de fabricantes de baldosas cerámicas, piezas planas de poco espesor fabricadas con arcillas, sílice, fundentes, colorantes y otras materias primas es una de las más dinámicas e innovadoras de nuestro país y, dentro del sector cerámico mundial, se posiciona como líder en cuanto a desarrollo tecnológico, diseño y calidad del producto y del servicio”<sup>1</sup>

El siguiente proyecto tiene como objetivo el diseño y la implementación de una nueva etapa automática en un proceso de producción industrial del sector cerámico.

En este sentido, la función de esta nueva etapa será realizar lo que actualmente es un proceso manual sencillo realizado por un operario, el cual podrá tener otra función más productiva y menos monótona.

La etapa en cuestión forma parte de la cadena de producción de baldosas cerámicas y realizará el apilado de 2 en 2, adaptándose a los productos que salen de la extrusora (baldosas de 20x20 y vierteaguas principalmente).

Además, la implementación de esta etapa podrá desarrollar una futura función de control de calidad y de contabilización de producción diaria, y así poder obtener una mejor información de los productos que se están fabricando ya que se implementará un controlador programable tipo PLC.

Para ello, se realizará un estudio in-situ del proceso actual, analizando las características de los productos a manipular. A continuación, se plantearán diferentes alternativas en función del nivel de automatización posible, y de factores económicos y ambientales.

Para finalizar, se elegirá la solución más adecuada y se llevará a cabo su implementación real en el proceso productivo.

---

<sup>1</sup> <http://marcaespana.es/actualidad/somos/la-industria-ceramica-espanola-lider-mundial>  
(24/8/2017)



## **ABSTRACT**

Spanish ceramics is one of the most important industries in the national scope in addition to being synonymous with international leadership, and as the body says Spain says, "the Spanish industry of ceramic tile manufacturers, thin flat pieces made of clays, Silica, fluxes, dyes and other raw materials is one of the most dynamic and innovative in our country and, within the global ceramic sector, is positioned as a leader in technological development, design and quality of the product and service"

The following project aims at the design and implementation of a new automatic stage in an industrial production process of the ceramic sector.

In this way, the function of this new stage will be to perform what is currently a simple manual process performed by an operator, which may have another function more productive and less monotonous.

The stage in question is part of the ceramic tile production chain and will make the stacking of 2 in 2, adapting to the products coming out of the extruder (tiles 20x20 and ceramic gutter).

In addition, the implementation of this stage will be able to develop a future function of quality control and accounting of daily production, in order to obtain better information of the products that are being manufactured since a PLC type programmable controller will be implemented.

To do this, an on-site study of the current process will be carried out, analysing the characteristics of the products to be handled. Next, different alternatives will be considered depending on the level of automation possible, and economic and environmental factors.

Finally, the most appropriate solution will be chosen and its real implementation will be carried out in the production process.

## AGRADECIMIENTOS

Muchas personas han sido las que han proporcionado opinión y ayuda a este proyecto. Agradezco a Patricia toda la ayuda recibida con su experiencia en este tipo de proyectos y sus ganas de hacer ingeniería. Agradezco especialmente a Lluís por mostrarme el funcionamiento de la fábrica, la atención recibida y la paciencia y dedicación a la hora de facilitar información.

Agradecer a las empresas que han mostrado ayuda a proyectos universitarios, y a los técnicos que han ayudado a asesorar este proyecto. Agradecer también a mi familia por el respaldo que he tenido durante la elaboración del proyecto.

Agradecer también a mis compañeros de clase, que han aportado su grano de arena, y al personal de la ESEIAAT y de la EEBE por la ayuda recibida.



# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>IV</b>
<b>1. PREFACIO</b>	<b>13</b>
1.2. Origen del trabajo .....	13
1.3. Motivación.....	13
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
2.1. Objetivos del trabajo .....	15
2.2. Alcance del trabajo .....	15
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA CERÁMICA</b>	<b>16</b>
3.1. La cerámica en España.....	16
3.2. La cerámica en La Bisbal. ....	16
3.3. El modelo del sector actual.....	17
<b>4. CARACTERÍSTICAS DE LA FÁBRICA</b>	<b>18</b>
4.1. Características generales de la fábrica .....	18
4.2. Productos procesados en la fábrica .....	19
<b>5. ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL</b>	<b>21</b>
5.1. Línea de producción de baldosas y vierteaguas .....	21
5.1.1. Extrusora .....	24
5.1.2. Troquel .....	26
5.1.3. Deposición del engobe .....	27
5.1.4. Secado superficial .....	28
5.1.5. Enfriamiento y centrado de las piezas .....	31
5.1.6. Apilado final .....	32
5.1.7. Procesos posteriores de la línea.....	34
5.1.8. Características de la cinta transportadora .....	35
5.2. Estudio de la estación actual de apilado .....	36
5.2.1. Objetivos de la estación de trabajo: .....	36
5.2.2. Características de los productos a manipular .....	37
5.2.3. Funciones que se están cumpliendo .....	38
5.2.4. Otras herramientas y maquinaria utilizada.....	38
5.3. Estación de trabajo que se pretende instalar .....	39
5.3.1. Espacio disponible.....	39
5.3.2. Recursos disponibles.....	40



5.3.3.	Dimensiones de la etapa actual .....	40
5.3.4.	Características requeridas .....	40
5.3.5.	Automatización continua .....	41
5.4.	Análisis de las fortalezas y debilidades .....	41
<b>6.</b>	<b>PROTOTIPO DE LA NUEVA ESTACIÓN DE TRABAJO .....</b>	<b>42</b>
6.1.	Análisis del entorno industrial .....	42
6.2.	Características y fases de la máquina .....	42
6.3.	Características del producto .....	44
6.4.	Prototipos presentados .....	45
6.4.1.	Prototipo 1: volteador rotacional .....	45
6.4.2.	Prototipo 2: volteador de correas inclinadas .....	47
6.4.3.	Prototipo 3: volteador de pinza robotizada .....	49
6.4.4.	Duplicación de la línea .....	50
6.5.	Elección del prototipo .....	52
<b>7.</b>	<b>DISEÑO 3D DEL PROTOTIPO ELEGIDO .....</b>	<b>55</b>
7.1.	Mecanismos a diseñar .....	55
7.2.	Cambio de carril diagonal .....	56
7.3.	Elementos de transporte .....	56
7.4.	Cintas con parada controlada .....	57
7.5.	Volteador .....	59
7.5.1.	Brazo volteador .....	59
7.5.2.	Soporte de ventosas .....	60
7.5.3.	Sistema de vacío .....	62
7.5.4.	Mecanismo de giro .....	65
7.5.5.	Diseño final del volteador .....	67
7.6.	Programación del autómatas .....	69
7.7.	Estructura y seguridad .....	69
7.8.	Pruebas de implementación .....	70
<b>8.</b>	<b>PROVEEDORES .....</b>	<b>72</b>
<b>9.</b>	<b>ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>74</b>
<b>10.</b>	<b>PLANIFICACIÓN TEMPORAL .....</b>	<b>75</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>76</b>
	Conclusiones generales .....	76
	Alternativas de diseño .....	77
	Continuación del proyecto .....	79

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

**80**

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: edificio de exposición junto a la nave de producción de la fábrica y logos (actual y tradicional). Fuente “www.ceramicaferres.com” .....	13
Ilustración 2: Plano en planta de la zona de producción de la fábrica (Fuente: departamento técnico Cerámica Ferrés) .....	18
Ilustración 3: representación de algunos de los productos cerámicos aplicados en diferentes construcciones interiores y exteriores (Fuente: catálogo de Cerámica Ferrés) .....	20
Ilustración 4: zona intermedia de la línea donde se observan algunas de las estufas, la extracción, y los palés de materiales en proceso de secado. (Fuente: propia) .....	21
Ilustración 5: dimensiones de vierteaguas del catálogo Cerámica Ferrés .....	22
Ilustración 6: dimensiones de baldosas del catálogo Cerámica Ferrés.....	22
Ilustración 7: ejemplo de otras formas disponibles del Catálogo Cerámica Ferrés. ....	22
Ilustración 8: vista en planta de la línea de producción de baldosas y vierteaguas con los elementos que se definen (Fuente: propia) .....	23
Ilustración 9: Primeros elementos de la línea donde podemos encontrar la tolva, el motor y extrusora. En la extrusora se observa el manómetro con el valor de la cámara (Fuente: propia) .....	24
Ilustración 10: esquema de una extrusora genérica, similar en funcionamiento a las utilizadas en la fábrica (Fuente: <a href="http://fibrologia.blogspot.com.es/2013/04/poliester_8.html">http://fibrologia.blogspot.com.es/2013/04/poliester_8.html</a> ) .....	25
Ilustración 11: cortadora a la salida de la extrusora, pasando a continuación al troquel, y finalmente a un empujador de esponja que separa la pieza final del sobrante (Fuente: propia) .....	26
Ilustración 12: sistema de deposición de engobe tipo cortina (Fuente: propia).....	27
Ilustración 13: sala de estufas de gas utilizadas en el secado del engobe (Fuente: propia) .....	29
Ilustración 14: zona de enfriamiento por convección forzada (Fuente: propia).....	31
Ilustración 15: final de la línea de apilado de baldosas (Fuente: propia) .....	32
Ilustración 16: esquema del apilado capicuaado de los vierteaguas debido al goterón, y el apilado sencillo de las baldosas cuadradas. Las baldosas negras son las bases ya cocidas que se reutilizan continuamente (Fuente: propia).....	33
Ilustración 17: presentación del apilado de las baldosas, con dos bases de vierteaguas ya cocidas, y seis baldosas recién apiladas. A la derecha se pueden observar los ladrillos colocados encima de los vierteaguas (Fuente: propia).....	33
Ilustración 18: zona de pintado por inmersión del goterón del vierteaguas (Fuente: propia) .....	34
Ilustración 19: diferentes tipos de cintas transportadoras que se presentan en la línea, ordenadas según el listado (Fuente: propia).....	35
Ilustración 20: vista en planta de la etapa de apilado, donde se encuentran los dos operarios realizando este proceso (Fuente: propia).....	36
Ilustración 21: fotografías de la estación actual, donde se observa la mesa de trabajo, el final de la línea y los palés con los productos apilados (Fuente: propia) .....	37
Ilustración 22: Medidas de los espacios disponibles (Fuente: departamento técnico CF).....	39
Ilustración 23: plano del final de la línea, ver anexos (Fuente: propia) .....	40
Ilustración 24: las caras del engobe se apilan de forma coincidente (Fuente: propia) .....	43

Ilustración 25: fases a tener en cuenta en el prototipado (Fuente: propia) .....	44
Ilustración 26: ejemplo de disposición de las baldosas. El autómatas tendrá más tiempo en realizar el volteo en las baldosas grandes, teniendo que hacer ciclos muy rápidos en las pequeñas (Fuente: propia) .....	44
Ilustración 27: primeas ideas del brazo volteador (Fuente: propia) .....	45
Ilustración 28: secuencia del volteo de las baldosas impares (Fuente: propia) .....	46
Ilustración 29: primeras ideas del volteador con correas inclinadas (Fuente: propia) .....	47
Ilustración 30: paso de 70 grados a horizontal .....	47
Ilustración 31: secuencia del volteo de las baldosas con las correas inclinadas (Fuente: propia) .....	48
Ilustración 32: detalle del contacto entre pieza y correas (Fuente: propia) .....	48
Ilustración 33: boceto del volteador de pinza robotizada (Fuente: propia) .....	49
Ilustración 34: alternativa de pinza (fuente: propia) .....	49
Ilustración 35: cambio de carril con rodillos y correas (Fuente: propia) .....	50
Ilustración 36: cambio de carril con desviación alternada (Fuente: propia) .....	50
Ilustración 37: duplicación en diagonal del vierteaguas (Fuente: propia) .....	51
Ilustración 38: bocetos de duplicación en dos alturas de las baldosas cuadradas (Fuente: propia) ..	51
Ilustración 39: grupos que han intervenido en la decisión del prototipo elegido (Fuente: propia) ..	52
Ilustración 40: gráfico que muestra los elementos más representativos de la nueva etapa .....	55
Ilustración 41: vista en planta de la etapa con sus dos zonas principales (Fuente: propia) .....	56
Ilustración 42: secuencia de volteo con las acciones principales (Fuente: propia) .....	57
Ilustración 43: estructura de las cintas y poleas de transmisión (Fuente: catalogo sinerges) .....	58
Ilustración 44: especificaciones del transportador recomendado (Fuente: catalogo sinerges) .....	58
Ilustración 45: evolución del diseño del brazo y del soporte de ventosas (Fuente: propia) .....	60
Ilustración 46: diseño con matriz de ventosas y línea de ventosas (Fuente: propia) .....	61
Ilustración 47: productos de ASS automation (Fuente: catálogo de productos ASS) .....	61
Ilustración 48: experimento de pérdida de vacío (Fuente: propia) .....	62
Ilustración 49: manómetro utilizado con rango de 0 a -1 bar de depresión .....	63
Ilustración 50: pruebas de volteo con 2 ventosas de espuma de diámetro 32 (Fuente: propia) .....	64
Ilustración 51: ejemplo de disposición de tres ventosas para diferentes formatos de baldosas .....	64
Ilustración 52: ejemplo del mecanismo piñón-cremallera e implementación en el diseño (Fuente: <a href="http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cremallera-pinon.htm">http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cremallera-pinon.htm</a> 20/5/2017) .....	65
Ilustración 53: sistema de volteo de vidrios con pistón neumático (Fuente: Gomas Milan, David Marcó) .....	65
Ilustración 54: esquema interior del mecanismo de actuador neumático CRQ2 (Fuente: Operation Manual SMC) .....	66
Ilustración 55: esquema de montaje del actuador rotatorio (Fuente: Operation Manual SMC) .....	66
Ilustración 56: volteador dispuesto en la línea de producción (Fuente: propia) .....	67
Ilustración 57: distancia entre la baldosa y la bancada (Fuente: propia) .....	67
Ilustración 58: ensamblaje de los mecanismos del volteador (Fuente: propia) .....	68

<b>Ilustración 59: esquema de los elementos que conforman un PLC (Fuente: <a href="http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables2.shtml">http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables2.shtml</a>).....</b>	<b>69</b>
<b>Ilustración 60: disposición de la rejilla y las protecciones de policarbonato (Fuente: propia) .....</b>	<b>70</b>
<b>Ilustración 61: productos principales (circulo) y descartados (tachados) (Fuente: catálogo <i>Cerámica Ferrés</i>).....</b>	<b>71</b>
<b>Ilustración 62: apilado de baldosas cuyo funcionamiento consiste en activar el paletizador superior de la serie de 3 y apilarlas en el palé (contacto con la cara del engobe), y a continuación activar el paletizador inferior que volteará la siguiente serie de 3 baldosas encima de las que se acaban de apilar en el palé. ....</b>	<b>78</b>
<b>Ilustración 63: ejemplos de paletizadores para diferentes aplicaciones (Fuente: <a href="https://www.coval-iberica.com/productos/cajones-de-vacio-estandar-serie-cvg-2541.htm">https://www.coval-iberica.com/productos/cajones-de-vacio-estandar-serie-cvg-2541.htm</a>).....</b>	<b>78</b>
<b>Ilustración 64: pletinas de diferentes materiales según la aplicación (Fuente: catalogo coval) .....</b>	<b>79</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: ejemplo de algunos de los productos que se fabrican .....	19
Tabla 2: ejemplo de temperaturas ambiente en distintas zonas a mediados de mayo.....	30
Tabla 3: temperaturas de las baldosas en diferentes situaciones de la línea .....	30
Tabla 4: sistemas analizados en procesos de fabricación similares.....	42
Tabla 5: puntos fuertes y débiles del prototipo 1.....	46
Tabla 6: Puntos fuertes y puntos débiles del prototipo 2.....	48
Tabla 7: características de la primera prueba .....	63
Tabla 8: datos utilizados en el dimensionado de los elementos .....	63
Tabla 9: tiempo de ciclo del volteador .....	77

## 1. PREFACIO

El interés por el diseño industrial y por la fabricación de mecanismos que puedan desempeñar una función útil me ha servido de motivación para comenzar un trabajo de estas características. El Trabajo Final de Grado que desarrolle con anterioridad relacionado con el campo de la fabricación ha servido de motivación para formar parte de un proyecto más complejo en el que interviniera un conocimiento amplio de la ingeniería.

Las primeras semanas implicadas en este trabajo fueron las más ambiguas debido al poco conocimiento que tenía del sector cerámico y a la complejidad que tiene un proyecto de estas características.

### 1.2. Origen del trabajo

Este proyecto surge de la necesidad de modernización de la industria en general, y en este caso de la fábrica Cerámica Ferrés quien ha proporcionado diferentes trabajos que se debían realizar durante este año.

### 1.3. Motivación

El diseño y la implementación de una nueva etapa automática en un proceso industrial es un proyecto de gran interés debido a la necesidad de utilizar conocimientos generales de la ingeniería. Además, poder realizar un proyecto tangible, fortalece las posibilidades de poder continuar con mi carrera profesional en el sector de la industria. La utilización de herramientas de diseño 3D complementa mi forma de trabajar debido al interés por crear nuevos mecanismos de invención propia.



Ilustración 1: edificio de exposición junto a la nave de producción de la fábrica y logos (actual y tradicional). Fuente “[www.ceramicaferres.com](http://www.ceramicaferres.com)”





## 2. INTRODUCCIÓN

La nueva etapa que se pretende diseñar en la fábrica *Cerámica Ferrés* tiene que ir acompañada de una estrategia de gestión de proyectos en donde se establezcan los objetivos y los pasos que se han de seguir para poder realizarlo con precisión y determinación.

### 2.1. Objetivos del trabajo

A continuación, se presenta un listado de los objetivos que se han pretendido alcanzar:

- Obtener una visión global de la empresa *Cerámica Ferrés* y del sector cerámico
- Definir la línea de producción a estudiar
- Conocer el proceso actual completo
- Detectar los errores y mejorar el control de calidad de las baldosas
- Estudio de posibilidades de automatización del diseño
- Realización del diseño semi-mecánico de una etapa del proceso de producción de baldosas
- Optimizar los tiempos en la estación de trabajo
- Reducir los costes de producción con la reducción de piezas defectuosas

### 2.2. Alcance del trabajo

Debido a que es un proyecto real en el que intervienen varias empresas y del que dependen factores económicos y temporales, el alcance del proyecto debería ser la instalación de la máquina previamente ajustada y comprobado su funcionamiento, ofreciendo garantías productivas en un plazo acordado. Debido al gran número de horas que esto supone, el alcance real de esta memoria serán los trabajos realizados hasta la fecha de deposición del proyecto (20 septiembre 2017 según el calendario académico de la ESEIAAT), desarrollando todos los objetivos descritos acorde a los criterios de la universidad.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA CERÁMICA

#### 3.1. La cerámica en España

La producción de cerámica es y ha sido una de las principales actividades económicas del país. Este sector empezó a desarrollarse en el siglo XIV en Manises (Valencia) y ya entonces el azulejo español se afianzó como líder internacional del sector: las baldosas valencianas se exportaban a Venecia, Egipto, Siria y Turquía.

La calidad e innovación de los productos españoles permite que la industria cerámica sea una de las más competitivas en el panorama internacional. Los siguientes datos ofrecen una visión general del sector actualmente:

- España es el primer exportador europeo, y segundo mundial, y alcanza tasas de entre el 15 y 18% del comercio internacional.
- Pese a que el entramado cerámico español está compuesto en su práctica totalidad por pymes y empresas de origen familiar, nuestro país ha llegado a ser el segundo productor del mundo durante años y, según las últimas cifras disponibles de 2008, se encuentra en el cuarto lugar con un 5,8% de la producción mundial.

Según los últimos datos de 2015, la industria cerámica española continúa a la cabeza en el mercado internacional.

Los destinos de la exportación de la cerámica española son variados, aunque entre ellos destacan Francia, Arabia Saudí, Reino Unido, Estados Unidos y Argelia. El sector ha registrado un incremento en todas las regiones a las que exporta. (<http://marcaespana.es/actualidad/somos/la-industria-ceramica-espanola-lider-mundial>)

#### 3.2. La cerámica en La Bisbal.

La cerámica es y ha sido una de las principales actividades económicas de la población, como mínimo desde el siglo XVIII (la primera noticia documentada sobre el oficio de alfarero en La Bisbal data de 1511).

La cerámica de La Bisbal ha experimentado cambios significativos en el decurso de su historia. Hasta el siglo XVIII, la producción se limitaba al ámbito estrictamente local; a partir del siglo XVIII, coincidiendo con el impulso demográfico que experimentará Cataluña, crece la demanda de esta cerámica.

A partir del siglo XIX, la cerámica de esta región vive su edad de oro. Sus productos, no solamente se comercializan en Cataluña, sino que también llegan a las colonias españolas de ultramar. Existe un proceso gradual de especialización que busca mejorar la rapidez y la sencillez del trabajo.

### **3.3. El modelo del sector actual**

A lo largo del siglo XX, el abandono gradual de las actividades agrícolas y ganaderas tradicionales por un modelo de sociedad mucho más urbana e industrial, así como la aparición de nuevos materiales substitutivos de la cerámica como el plástico o el acero inoxidable condena las producciones de cerámica tradicional a un segundo lugar.

La producción de cerámica tradicional pierde la función para la cual había sido creada, y se transforma en objetos básicamente decorativos para adaptarse a las nuevas necesidades. Se incorporan los adelantos técnicos al proceso de elaboración para facilitar el trabajo y abaratar los costes.

Actualmente, La Bisbal se diferencia de otros centros fabricantes de cerámica en que la producción de artículos de cerámica se encuentra muy diversificada; no solo se producen artículos de alfarería, sino que existe un sector dedicado a la cerámica aplicada a la construcción y a la elaboración de cerámica decorativa. Todo ello configura una población que vive vinculada a la cerámica, sin olvidarnos de que existen otras industrias que suministran materias primas, equipamientos y maquinaria a la mayoría de talleres artesanos y fábricas de cerámica de la ciudad. Actualmente, esta dedicación se extiende a casi todas las posibilidades de fabricación, de investigación y de comercialización que ofrecen los productos cerámicos. (<http://www.visitlabisbal.cat/es/ceramica-de-la-bisbal>)

Tras la última crisis del 2008, el cierre de numerosas fábricas hace que solo unas pocas se conviertan en líderes del mercado de cerámica tradicional en esta región, dando lugar a una nueva etapa donde este tipo de cerámica se tendrá que hacer un hueco en la industria actual mejorando sus procesos de diseño, de fabricación y de calidad.

## 4. CARACTERÍSTICAS DE LA FÁBRICA

### 4.1. Características generales de la fábrica

**Cerámica Ferrés** es una empresa creada en 1956 ofreciendo respuesta a las necesidades decorativas de la construcción de este último siglo. Se caracteriza por su constante renovación de diseños y por la especialización en diferentes gamas de colores, pudiendo realizar diseños creativos combinando numerosos materiales.

La fábrica ha ido creciendo poco a poco y su distribución se ha tenido que adaptar a la estructura inicial y a los espacios ampliados, por lo que se puede observar una zona de almacén de arcillas, una zona donde se tritura y se distribuye, una línea de fabricación de cerámica plana, líneas varias destinadas a fabricación de celosías, pasamanos, peldaños etc., una zona de fabricación de lavabos y cerámica de revolución, un almacén de secado, un taller, dos líneas de pintado, dos hornos y un almacén de los productos terminados. Dispone también de una nave adjunta en donde se realiza la exposición de todos los diseños que se pueden adquirir en Cerámica Ferrés, además de unas oficinas técnicas y un laboratorio de obtención de nuevos colores.

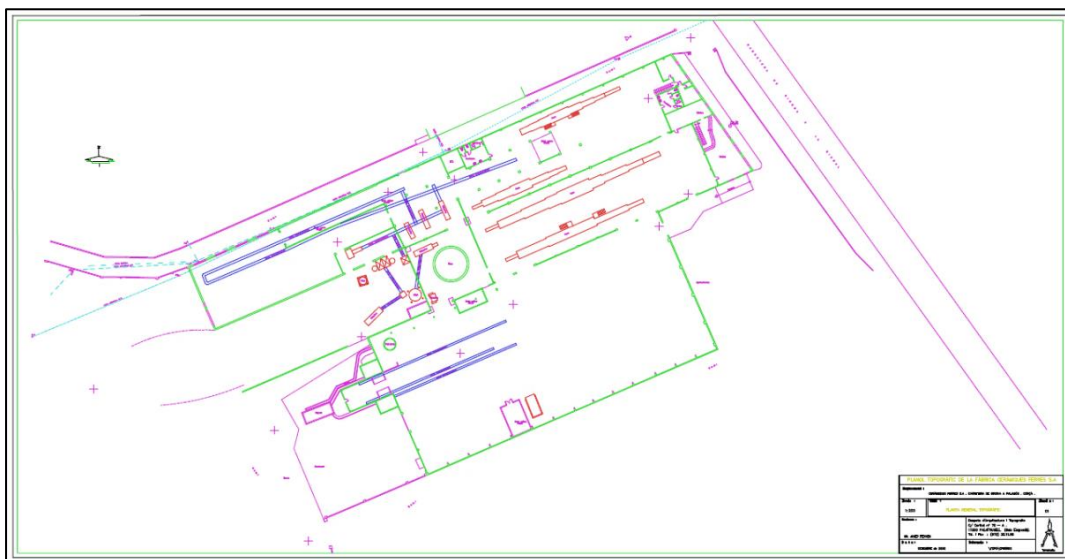


Ilustración 2: Plano en planta de la zona de producción de la fábrica (Fuente: departamento técnico Cerámica Ferrés)

La fábrica tiene siempre un stock de las referencias más comercializadas que le permite abastecer a los proveedores en el instante. Esto es lo que, a diferencia de otras fábricas de la zona, les ha proporcionado ventajas sobre la competencia.

Además, ofrecen un trato personal y realizan diseños a medida, lo que hace mantener a clientes desde hace años, y generar nuevos compromisos con proveedores y clientes finales que necesitan cerámica especial.

La nave en cuestión tiene una superficie de 15000 m<sup>2</sup>. Cuenta con una plantilla de 24 trabajadores en la zona de producción.

La facturación anual del 2016 ha sido de 2,5 millones de euros.

Antiguamente, todas las materias primas se encontraban en la provincia, ya que había una gran demanda de recursos de este tipo. Actualmente, se trabaja con proveedores locales y extranjeros, lo que hace reducir costes y mejorar la calidad de los productos.

## 4.2. Productos procesados en la fábrica

La cerámica Ferrés se define por su completa gama de productos cerámicos tradicionales destinados tanto a arquitectura tradicional como a diseños interiores modernos.

Mayoritariamente, en esta fábrica se procesa arcilla con tratamientos vidriados, siendo llamativo los colores vivos, además de los esmaltados y terracota. Además de los productos que se pueden encontrar en catálogo, se realizan muchos diseños a medida pudiéndose adaptar al cliente.

Básicamente, algunos de los productos que se fabrican en las instalaciones son:

Tabla 1: ejemplo de algunos de los productos que se fabrican

Celosías	Respiraderos
Baldosas	Peldaños
Pasamanos	Tejas
Vierteaguas	Lavabos
Escuadras	Gárgolas

La característica principal de la fábrica es que se mezclan procesos automáticos con procesos manuales, ofreciendo una gran flexibilidad a la hora de realizar productos a medida. Parte de la demanda se compone de clientes que necesitan

cerámica tradicional especial, que ya no se puede adquirir porque no se fábrica en ninguna empresa, o porque no es fácil de encontrar

En el catálogo adjunto en la bibliografía se pueden consultar todos los productos y sus especificaciones, donde se encuentran algunos de los proyectos realizados que se presentados en las siguientes fotografías.



**Ilustración 3: representación de algunos de los productos cerámicos aplicados en diferentes construcciones interiores y exteriores (Fuente: catálogo de Cerámica Ferrés)**



## 5. ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL

### 5.1. Línea de producción de baldosas y vierteaguas

La línea de producción a analizar es una de las principales de la fábrica, encargándose de la producción de todas las baldosas y vierteaguas que posteriormente se les aplicarán vidriados y entraran en el horno.

Está compuesto por una línea de extrusión seguida de un troquelado que varía en función del formato fabricado para continuar con una aplicación de engobe sobre la cara vista y un posterior secado progresivo mediante estufas de gas por las que las baldosas irán recorriendo a lo largo de la línea, para acabar finalmente en la zona de volteado manual, apilado y colocación en palés.

Las baldosas, todavía frescas, necesitarán un tiempo de secado que oscila entre 2 y 5 días, dependiendo de la temperatura ambiente y del tamaño de los productos. El calor residual de las estufas y de los dos hornos principales de la fábrica se aprovecha para aclimatar los espacios donde estas baldosas se van a secar, evaporando el agua progresivamente, lo que proporciona una pérdida de humedad lenta y evita la aparición de grietas o poros. Los tiempos de secado son más reducidos en verano debido a la temperatura ambiente, que es mayor, lo que favorece este proceso junto con el incremento de la temperatura de los hornos.

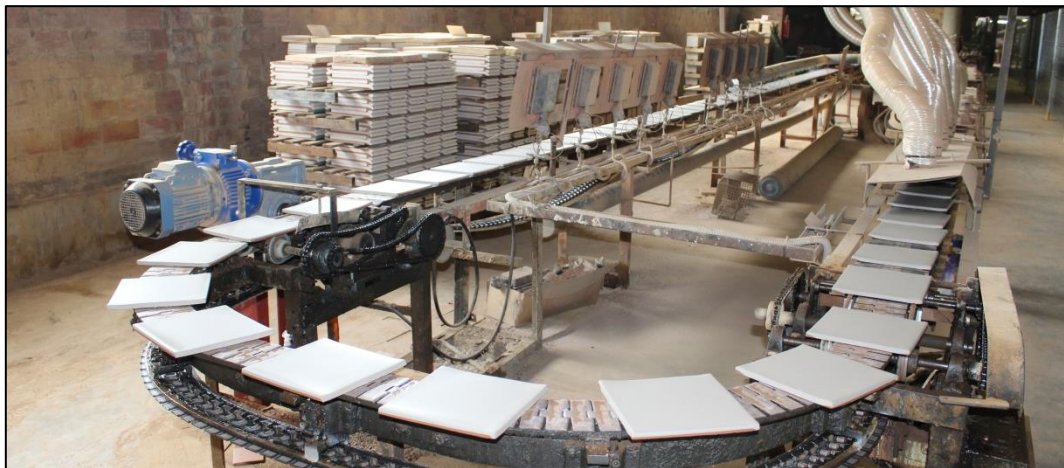


Ilustración 4: zona intermedia de la línea donde se observan algunas de las estufas, la extracción, y los palés de materiales en proceso de secado. (Fuente: propia)

Posteriormente, a las baldosas se les realiza un proceso de vidriado o esmaltado, donde se depositarán los colores que se van a utilizar para las próximas ventas.

Algunos de los productos pueden ir directamente al horno en el caso de que no se requiera la deposición de ningún color, presentando el aspecto natural de arcilla.

La capacidad productiva de la línea depende del formato de baldosas que se estén fabricando. Por tener una idea, se procesa 1 baldosa de 20x20 cada 3 segundos. En una hora se podrían llegar a fabricar unas 1200 baldosas de este formato.

A continuación, se definen todos los tipos de formato que se fabrican en la línea:

- **Vierteaguas:** supone el 60% de la producción de la línea
  - o 14x28, 14x30, 14x33 las más habituales

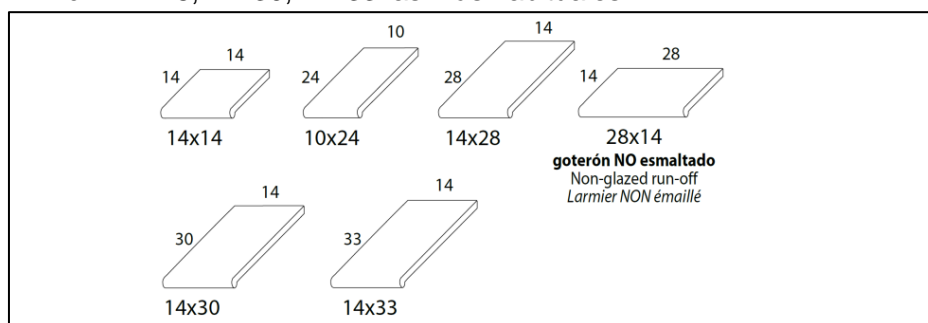


Ilustración 5: dimensiones de vierteaguas del catálogo Cerámica Ferrés

- **Baldosas:** supone el 40% de la producción de la línea
  - o 20x20, 15x15, las más habituales

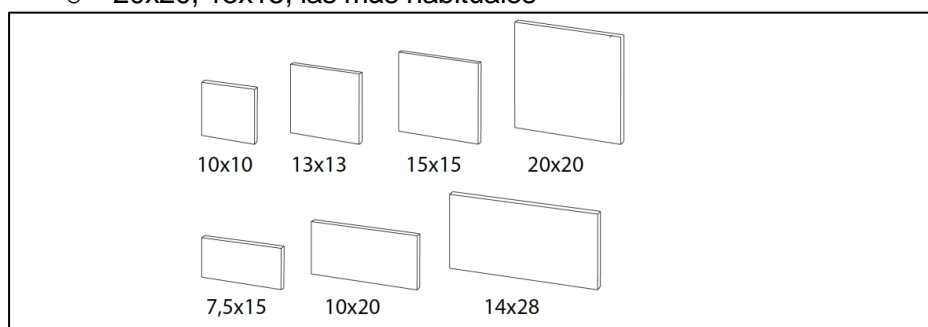


Ilustración 6: dimensiones de baldosas del catálogo Cerámica Ferrés

- **Otros productos:** se fabrican bajo pedido, siendo poco común su fabricación.

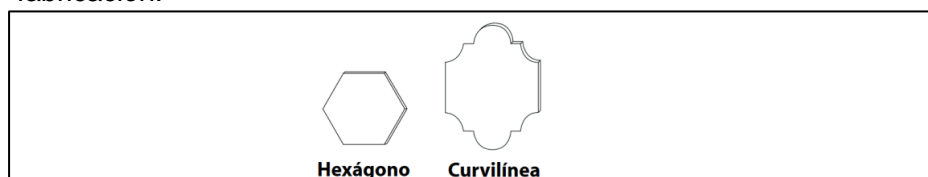


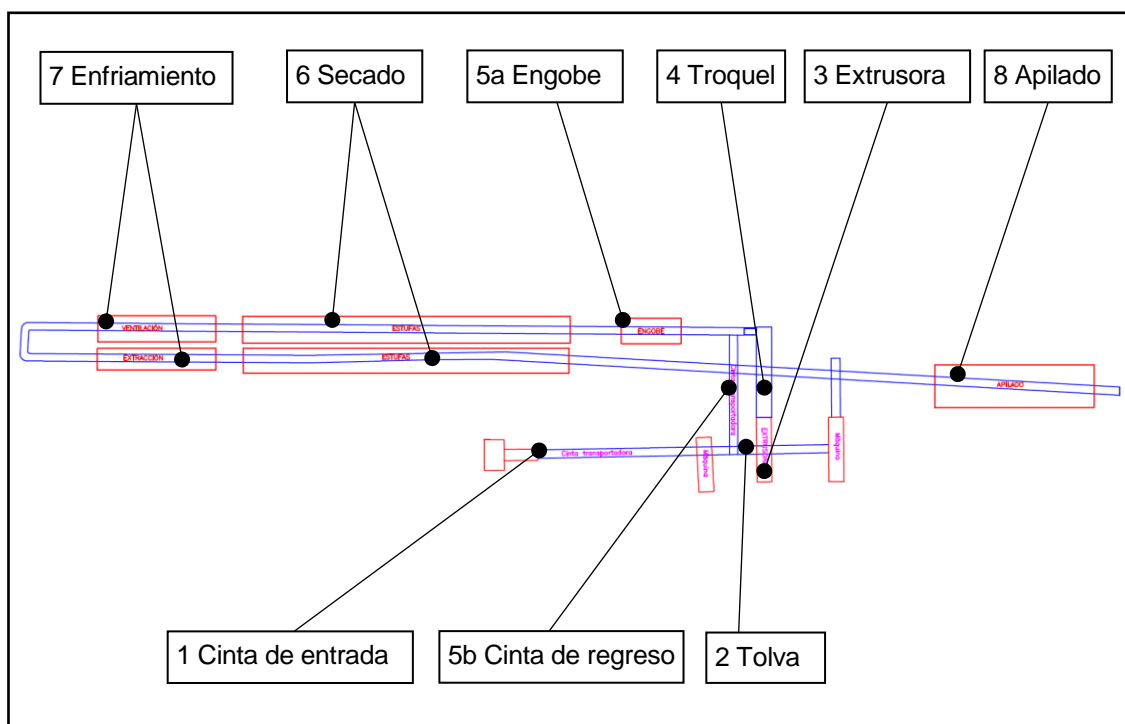
Ilustración 7: ejemplo de otras formas disponibles del Catálogo Cerámica Ferrés.



La jornada de trabajo actual de esta línea es de 25 h a la semana de media, y puede variar en función de la cantidad de productos que están en los hornos. Como se ha comentado, la fábrica trabaja bajo stock.

La longitud de la línea es de 130m siendo necesaria hacer una curva a mitad de ésta para poder emplazarla en la nave (ver ilustración 4).

Generalmente hay un total de 3 trabajadores atendiendo constantemente las necesidades de la línea, además de otros empleados de apoyo o encargados de la coordinación de la línea.



**Ilustración 8: vista en planta de la línea de producción de baldosas y vierteaguas con los elementos que se definen (Fuente: propia)**

En los siguientes apartados se van a definir cada una de las partes más importantes de esta línea, que son: extrusora, troquel, deposición de engobe, zona de secado y zona de enfriamiento, finalizando en la etapa de apilado (ver ilustración 8).

### 5.1.1. Extrusora

Comenzamos definiendo el elemento fundamental de la línea, siendo una extrusora de tornillo simple sinfín accionada por un motor eléctrico SIEMENS de 30 kW de potencia y tensión nominal de 380 V acoplada a una reducción con correas.



**Ilustración 9: Primeros elementos de la línea donde podemos encontrar la tolva, el motor y extrusora. En la extrusora se observa el manómetro con el valor de la cámara (Fuente: propia)**

Por la tolva se introduce la arcilla, que es un agregado de rocas de procedencia sedimentaria, pulverizadas y mezcladas con una cantidad de agua que le confiere plasticidad para ser posible su moldeo. Esta arcilla es una coloide de partículas muy finas compuestas por agregados de silicatos de aluminio hidratados y rocas que contienen feldespatos. En función de las impurezas que contiene, se encuentran diferentes colores y texturas con las que se pueden configurar las piezas finales.

Esta máquina, al igual que la línea, está funcionando 25 horas a la semana y existe un tiempo de preparación alrededor de 10 minutos hasta que se adquieren las condiciones de servicio, siendo necesario a veces aplicar un antiadherente a la primera tirada de pasta que sale por la extrusora.

La extrusora trabaja bajo una presión alrededor de los 24 bar con una depresión en la cámara de -0,96 bar que se produce gracias a un generador de vacío, con el objetivo de que no se produzcan burbujas de aire en la arcilla al ser extruida, lo que podría generar puntos débiles en la baldosa.

La salida de la extrusora tiene varios dados, que se sustituyen manualmente en función del formato que se fabrica ese día. El dado sufre un continuo desgaste debido al gran rozamiento de la arcilla al que es sometido alcanzando una temperatura de 50°C.

La extrusora se guarda con una esponja húmeda en la salida del dado para que la arcilla mantenga sus propiedades de humedad lo más estable posible para el día siguiente.

En la fábrica se encuentran 7 extrusoras de características muy similares y del mismo fabricante, lo que es ventajoso a la hora de sustituir el husillo o las **costillas** (o placa rompedora), que son unas placas que eliminan la inercia rotacional que tiene la arcilla y la orienta con velocidad lineal.

Así pues, estas máquinas están en continuo mantenimiento ya que sufren una constante fricción que va desgastando estas piezas.

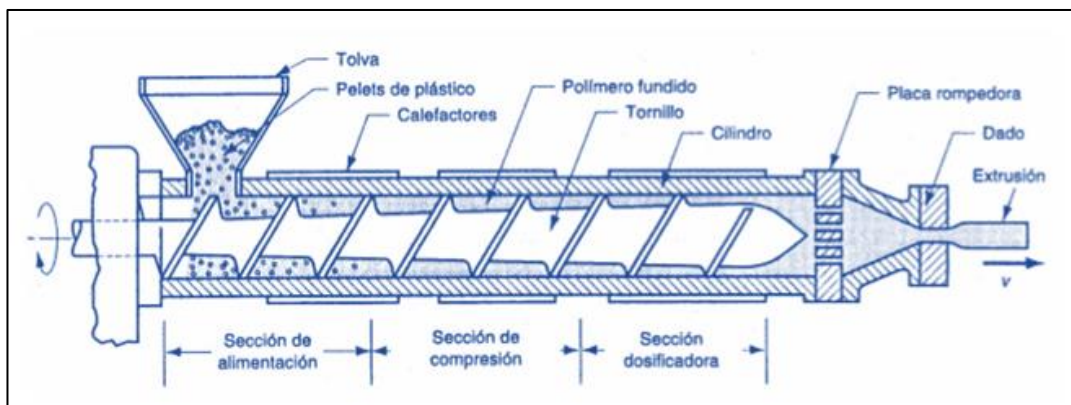


Ilustración 10: esquema de una extrusora genérica, similar en funcionamiento a las utilizadas en la fábrica (Fuente: [http://fibrologia.blogspot.com.es/2013/04/poliester\\_8.html](http://fibrologia.blogspot.com.es/2013/04/poliester_8.html))



### 5.1.2. Troquel

Una vez realizada la extrusión de la lámina de arcilla, se procede al troquelado de los elementos deseados. En este caso, existen tantos tipos de troqueles como tamaños de baldosas.



Ilustración 11: cortadora a la salida de la extrusora, pasando a continuación al troquel, y finalmente a un empujador de esponja que separa la pieza final del sobrante (Fuente: propia)

Los principales troqueles son:

- Troquel vierteaguas
- Troquel de baldosas cuadradas

Los troqueles se sustituyen en función de la producción diaria, y son pequeñas estaciones que se deben desplazar y colocarlas a la salida de la extrusora.

El mecanismo de los troqueles es accionado mediante un motor eléctrico, que proporciona movimiento a una biela-manivela y conectado al conjunto mecánico mediante correas, cadenas y levas. No posee ningún input electrónico.

Los troqueles llevan años en funcionamiento, y su reparación es sencilla puesto que están formados por elementos mecánicos comunes y fácilmente sustituibles.

### 5.1.3. Deposición del engobe

La arcilla utilizada tiene un color marrón, por lo que para poder colorearla fácilmente con los vidriados, es necesario depositar una fina capa cerámica blanquecina sobre la superficie en cuestión. Este proceso se llama engobe (engobar, o engalbar en catalán).



Ilustración 12: sistema de deposición de engobe tipo cortina (Fuente: propia)

#### ***Definición de engobe:***

El engobe es una arcilla líquida y muy fina de color claro que se aplica sobre la arcilla a modo de esmalte para modificar su aspecto externo, aportando una textura terrosa no vítrea. Posteriormente se realizan vitrificados sobre esta superficie, lo que facilita el coloreado final. La arcilla, al tener un color tierra, es difícil colorearla, por lo que es necesario utilizar este tipo de deposición superficial si se quiere colorear.

Esta pasta se obtiene mezclando distintos tipos de arcilla y otros materiales con agua y, generalmente, un defloculante como por ejemplo silicato sódico. El agregado de un defloculante permite que el contenido acuoso sea mínimo, lo que disminuye su encogimiento.

*“Un engobe clásico sería sobre un 100 % de barbotina (arcilla muy líquida), molido y mezclado con un 1 % al 10 % de óxido colorante. La intensidad del color dependerá del tipo de óxido colorante utilizado y los porcentajes de la mezcla. Puede ser aplicado sobre la pieza en estado de cuero, seca, o bien bizcochada previamente, en este último caso hay que formular dicho engobe”* (<https://es.wikipedia.org/wiki/Engobe> (2/3/2017):)

### **Engobe utilizado:**

Son varios tipos de engobes los utilizados en la fábrica, todos con colores claros pero con ligeras modificaciones en la tonalidad y en función de los colores finales que se desean conseguir.

Generalmente se compran a un proveedor externo, y suelen tener unas características muy similares que hacen utilizar este producto sin cambios en su aplicación. En este caso, el engobe utilizado es en base acuosa, existiendo engobes que poseen un porcentaje de disolución de alcoholes que tienen más tendencia a evaporarse, lo que acelera su secado. En la fábrica se utiliza un engobe más natural, lo que también hace que sea más limpia su evaporación y no produce químicos que se deban extraer.

El mecanismo utilizado para aplicación del engobe es de tipo cortina, disponiendo de un tanque con un agitador que conectan a la bandeja de cortina mediante una bomba de paletas (ver ilustración 12).

Los productos que no van a ser coloreados, es decir, los que se va a quedar con la cerámica natural, no se aplica engobe, por lo que facilita y agiliza la producción de la línea en este caso.

### **5.1.4. Secado superficial**

A continuación, los productos van recorriendo la línea y pasando por unas estufas de gas, donde poco a poco se va secando el engobe. Existe un total de 20 bloques de estufas de las cuales se van utilizando en función de la temperatura que se desea alcanzar, del tamaño de las baldosas y de las condiciones ambientales.



**Ilustración 13: sala de estufas de gas utilizadas en el secado del engobe (Fuente: propia)**

Las variaciones de temperatura ambiente son claras en la fábrica, existiendo cambios, tanto a lo largo del día, como en función del mes de trabajo, o incluso con la intensidad de viento. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los techos son de uralita sin aislamiento, por lo que su climatización sería difícil actualmente y no es una prioridad. Además, el horno establece una temperatura templada en toda la fábrica, siendo la ventilación un factor muy importante tanto en verano como en invierno, ya que es una zona que posee situaciones de viento diarias (ver estadística de meteorología en la zona<sup>1</sup>).

No siempre se utilizan las mismas estufas, se colocan más o menos en función de cómo acaban los productos en la zona de apilado: consiste en observar las esquinas de las baldosas que llegan al final de la línea. A veces puede suponer un problema porque cuando los productos llegan más secos de lo normal, los operarios reducen el número de estufas en funcionamiento, por lo que la mitad de la línea está cargada ya con baldosas que han tenido un secado demasiado intenso. Esta técnica es imprecisa, ya que no existe un control ajustado en diferentes situaciones de la línea. Es un método a prueba o error, y no se posee información tangible controlable.

---

<sup>1</sup> <https://es.windfinder.com/windstatistics/palafrugell>



En este sentido se podría realizar un estudio estadístico (**modelo lineal**) que permita estimar la dependencia funcional entre la respuesta de un proceso y sus factores de regulación, relacionando las variables “temperatura ambiente” y “porcentaje evaporado” de agua de cada uno de los tipos de productos para dar como resultado el número de estufas que se deben colocar.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de las temperaturas que se tomaron en el mes de mayo en las zonas de la línea, pudiendo observar una temperatura agradable en la zona central de la línea (extrusora, troquel, engobe) y un aumento sustancial en la zona de los hornos, donde se encuentran algunos de los palés de baldosas que están en proceso de secado.

**Tabla 2: ejemplo de temperaturas ambiente en distintas zonas a mediados de mayo**

Temperatura ambiente	
Humedad	53%
Zona extrusora	21 °C
Zona hornos	27 °C
Salida hornos (a ras de baldosa)	50 °C

Una de las importantes mejoras en el rendimiento de la línea es realizar cerramientos en la zona de las estufas lo que permitiría optimizar el número de baldosas y mejorar el rendimiento térmico, además de que se aseguraría una mejor protección de las baldosas en un gran tramo de la línea, pudiendo incluso instalar un cerramiento que trabaje con una ligera sobrepresión de aire filtrado y limpio para que no entren impurezas.

En la siguiente tabla se puede observar la variación de temperaturas de las baldosas a lo largo de la línea.

**Tabla 3: temperaturas de las baldosas en diferentes situaciones de la línea**

Temperatura baldosas	
Salida extrusora	45°C
Salida hornos	55°C
Estación apilado	33 °C



### 5.1.5. Enfriamiento y centrado de las piezas

En esta zona se realiza un enfriamiento progresivo por convección natural y forzada, ya que las baldosas siguen en circulación por la línea de transporte. Por lo que existen en diferentes puntos unos conductos que depositan una corriente de aire sobre las baldosas. Además, hay una fase de extracción que impulsa el vapor de agua y la humedad al exterior.

Los espacios son abiertos entre sí, por lo que en caso de que existiera una atmosfera muy cargada de polvo, podría afectar a la cara del engobe. Por ello, este enfriamiento por convección forzada se realiza con una toma del exterior y unos filtros que eliminan partículas del aire.



Ilustración 14: zona de enfriamiento por convección forzada (Fuente: propia)

Como ya se ha comentado, conociendo los parámetros atmosféricos de cada una de las zonas, se podría controlar con mejor precisión este enfriamiento, ya que tiene que ser progresivo sin cambios bruscos de temperatura para que la arcilla se adapte a esta constante pérdida de agua sin generar fisuras. En este caso, la suficiente longitud de la línea permite realizar este proceso.

El objetivo de esta etapa es conseguir realizar un secado suficiente para que en el apilado, las baldosas se puedan deformar y adquirir la planitud requerida sin que el engobe se dañe. En unas baldosas excesivamente secas se generarían grietas y se tendría que desechar inmediatamente, y en otras baldosas sin suficiente secado superficial el engobe estaría muy blando y se dañaría al apilarlas.

A lo largo de la línea, también se encuentran perfiles de centrado que se van modificando en función del formato de producto fabricado y que sirven para

reorientar todos los productos en el caso de que tengan una desviación, encontrando centradores de diferentes materiales:

- Perfiles de acero
- Perfiles de teflón
- Rodillos de polietileno

#### 5.1.6. Apilado final

En esta etapa, se produce el apilado de 2 en 2 de las baldosas, por la cara A (la del engobe) de ambas. Actualmente dos operarios se encargan de hacer este trabajo. Es una labor monótona que requiere de dos personas durante toda la jornada de producción.

Los operarios realizan el plegado de las baldosas, y uno de ellos va reponiendo las bases, coloca las torres apiladas en el pale y preparando nuevos palés.

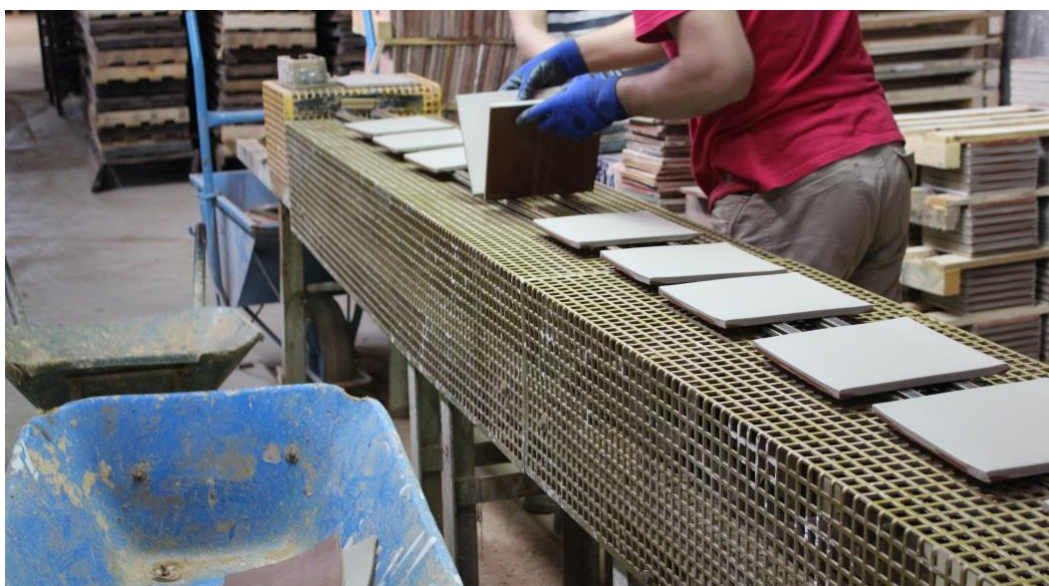


Ilustración 15: final de la línea de apilado de baldosas (Fuente: propia)

Una vez que llegan las baldosas a las manos, se realiza una inspección visual, y en el caso de que existiera un defecto, se retirarían a una carretilla donde posteriormente se añadiría a la tolva de nuevo, reciclando el material.

Una vez se tienen las dos baldosas en la mano, se acercan suavemente intentando que apoye toda la cara engobada de ambas a la vez. Si existiera contacto con el canto, se podría producir una marca en una de las caras. A continuación, estando las dos baldosas en contacto, en el caso de que no estén alineadas ambas caras, se hace a mano una alineación mediante una superficie plana.

En este momento, apiladas y bien alineadas, se depositan sobre una base y se van colocando sucesivamente una encima de la otra.

- Baldosas cuadradas: torres de 10
- Vierteaguas: torres de 6 ó 10

Finalmente, sobre esta torre se coloca otra base. Una vez obtenida la torre de baldosas, con sus respectivas bases, se ejerce una ligera presión para que las baldosas queden compactadas, sin llegar a que se peguen, y se les coloca un ladrillo de arcilla que pesa 4 kg.

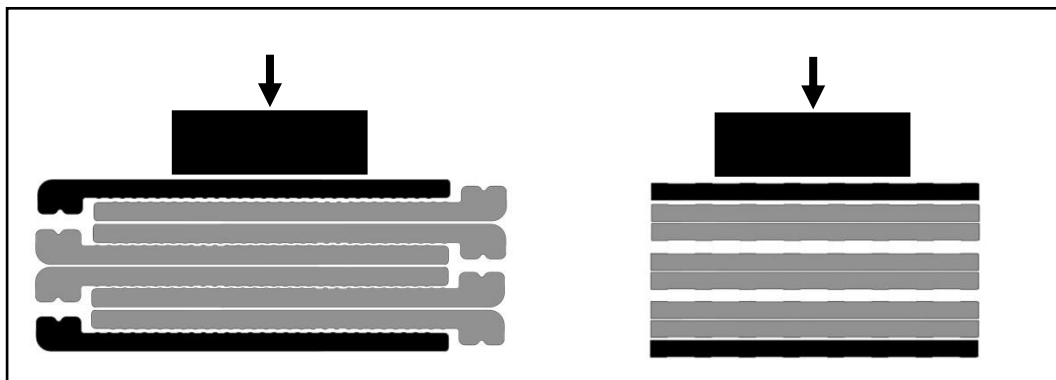


Ilustración 16: esquema del apilado capicua de los vierteaguas debido al goterón, y el apilado sencillo de las baldosas cuadradas. Las baldosas negras son las bases ya cocidas que se reutilizan continuamente (Fuente: propia)

Cabe destacar que las baldosas vienen ligeramente curvadas debido a varias razones:

- Proceso de troquelado
- Posición de reposo de algunas baldosas (vierteaguas principalmente)
- Contracción debido al secado superficial del engobe.

Por tanto, la operación de plegado y apilado sirve para obtener la **planitud superficial requerida** sobre las caras vistas de las baldosas. Este proceso es específico de esta fábrica y es la principal razón por la que se va a desarrollar la nueva etapa automática.



Ilustración 17: presentación del apilado de las baldosas, con dos bases de vierteaguas ya cocidas, y seis baldosas recién apiladas. A la derecha se pueden observar los ladrillos colocados encima de los vierteaguas (Fuente: propia)

En este proceso de enderezado no se producen grietas debido a que el material todavía está fresco y se permite una cierta deformación.

Los productos se almacenan en los palés que se pueden ir apilando uno encima del otro de forma que las baldosas queden bien posicionadas.

### 5.1.7. Procesos posteriores de la línea

Una vez el pale está lleno, uno de los operarios de la línea lo dispone en la zona de secado.

Existen varias zonas de secado en la fábrica aprovechando las fuentes de calor que se generan en el proceso:

- Secado en la zona de estufas del engobe de la línea.
- Secado en la sala de los dos hornos de cocción.
- Secado en una sala donde la humedad es baja pero no está en presencia de fuentes de calor.

Los materiales se van disponiendo en función del espacio libre que queda en una de estas tres salas.

Una vez secas, las baldosas son llevadas a la zona de pintado, donde se les aplican los colores y los vidriados correspondientes.



**Ilustración 18: zona de pintado por inmersión del goterón del vierteaguas (Fuente: propia)**

Finalmente, las baldosas son colocadas manualmente en unas bandejas para su posterior introducción al horno.

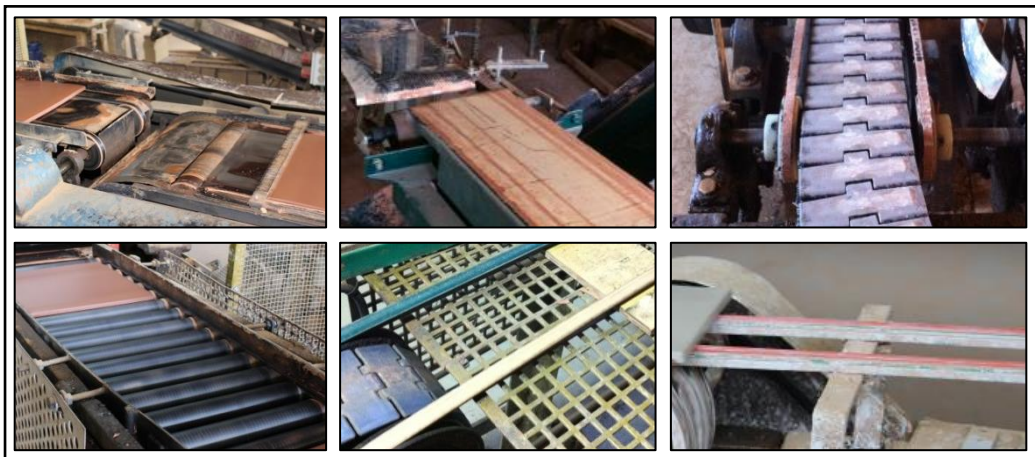


### 5.1.8. Características de la cinta transportadora

Es interesante definir el elemento que se encarga de transportar todos estos productos, pudiendo encontrar diferentes tipos de transportadores en cada zona de la línea.

El análisis de estos elementos servirá para poder realizar un diseño que siga los patrones de la actual cinta transportadora, encontrando elementos como:

- Cinta de goma
- Cinta de espuma
- Cinta metálica
- Rodillos
- Correa de transmisión trapezoidal (tipo B)
- Correa de transmisión circular



**Ilustración 19: diferentes tipos de cintas transportadoras que se presentan en la línea, ordenadas según el listado (Fuente: propia)**

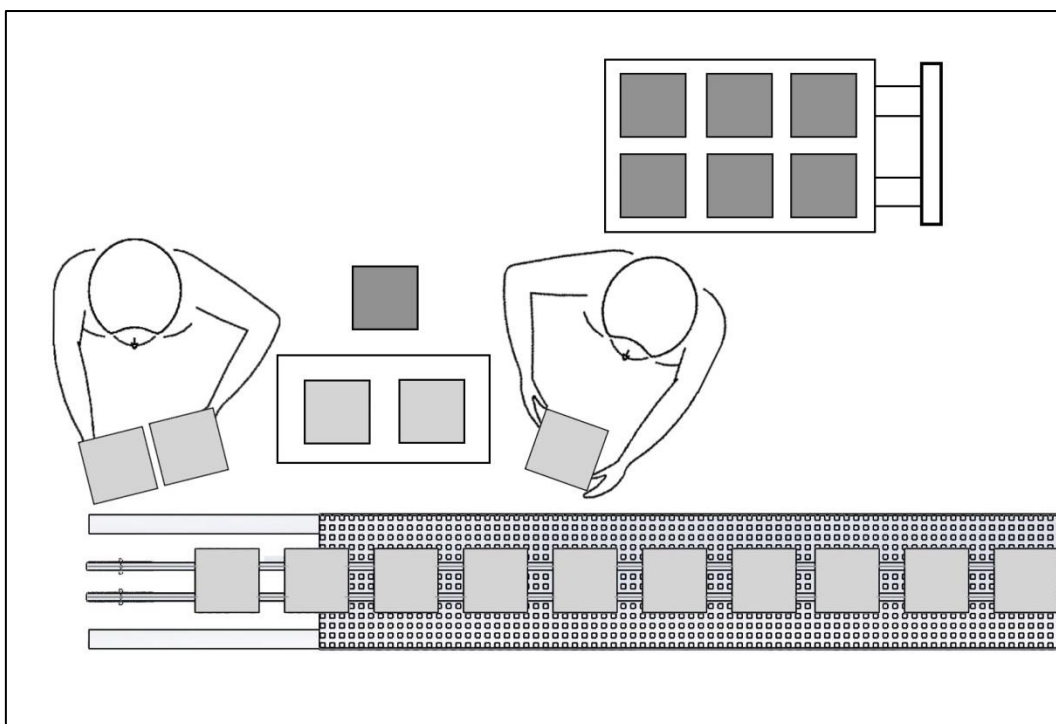
## 5.2. Estudio de la estación actual de apilado

Una vez realizado un resumen de la estación, se procede a realizar un análisis profundo de la etapa de apilado, definiendo aspectos como: características de los productos a manipular, funciones que se están cumpliendo, herramientas y maquinaria utilizada.

### 5.2.1. Objetivos de la estación de trabajo:

El objetivo principal de la nueva etapa es realizar el volteo de las baldosas para que se presenten apiladas de 2 en 2 tal y como se ha explicado en el capítulo anterior, y poder disponer solamente de un operario. De esta forma, el segundo operario podrá tener una función más productiva en esta línea o en la fábrica.

La futura automatización va encaminada a proporcionar mayor libertad de los operarios que realizarán una función de control de calidad y de inspección del funcionamiento de la línea.



**Ilustración 20:** vista en planta de la etapa de apilado, donde se encuentran los dos operarios realizando este proceso (Fuente: propia)

La intención de la siguiente **fase de automatización** es realizar el apilado de las baldosas en el palé de manera automática, por lo que la nueva línea planteada finalizaría en una estación de trabajo que se encargaría de realizar las torres de baldosas correspondientes para posteriormente colocar esas torres en el palé.



Ilustración 21: fotografías de la estación actual, donde se observa la mesa de trabajo, el final de la línea y los palés con los productos apilados (Fuente: propia)

### 5.2.2. Características de los productos a manipular

El producto que llega a esta estación presenta un aspecto tierno, donde la capa del engobe ha perdido un porcentaje importante de humedad pero sigue siendo delicado, por lo que hay que evitar tocarlo. La velocidad de la línea hace que se requieran dos personas apilando baldosas puesto que de lo contrario se almacenarían en la zona final.

Los pesos varían en función de los productos, siendo por ejemplo el peso del vierteaguas de:

- Vierteaguas fresco (14x28): 1200 g
- Vierteaguas seco (14x28): 970 g

Por lo tanto, obtenemos una pérdida aproximada del 20% del peso de agua, y con esto vemos que el operario debe de manipular dos vierteaguas que pesan un total de 2,4 kg. Las torres de diez pesan por lo tanto alrededor de los 10 kg.

### 5.2.3. Funciones que se están cumpliendo

En este apartado se definen las funciones que los operarios están realizando:

- Inspección visual de defectos
- Desecho de las piezas defectuosas
- Apilación manual de dos baldosas
- Paletización de las torres o bloques en el palé
- Colocación de otro pale vacío sobre el palé lleno
- Transporte del conjunto de palés con la traspaleta

Uno de los aspectos más importantes es el **valor añadido** de la presencia de los operarios en el apilado, puesto que además de hacer el proceso descrito, realizan la inspección visual y el desecho de las piezas.

Para automatizar el proceso de forma completa, interesa que haya un proceso de control de calidad mediante un barrido óptico, que descarte de forma automática las baldosas que tengan alguna imperfección superficial.

Estas imperfecciones pueden ser:

- Pequeños trozos de arcilla no pulverizada
- Pequeñas burbujas en el engobe.

### 5.2.4. Otras herramientas y maquinaria utilizada

En cuanto a las herramientas complementarias que se utilizan en esta estación, se pueden observar que son elementos comunes:

- Carretilla donde se depositan las baldosas desechadas.
- Palés de diferentes dimensiones
- Toro mecánico para apilar los palés y transportarlos a la zona de secado.
- Baldosas recicladas (baldosas ya cocidas) que se utilizan como bases de cada una de las torres.

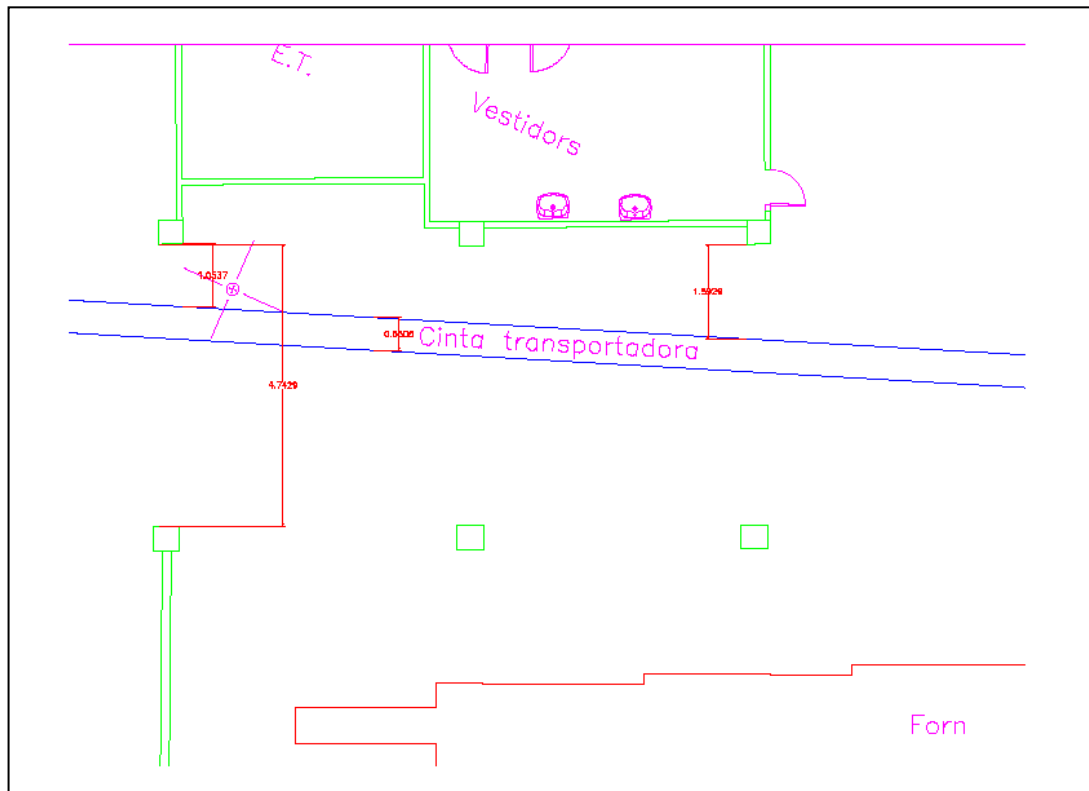


## 5.3. Estación de trabajo que se pretende instalar

### 5.3.1. Espacio disponible

Para analizar el espacio disponible, se ha utilizado un plano de la línea realizando unas acotaciones en la zona final de la etapa. Posteriormente, se ha realizado una medición in situ para comprobar que las medidas se ajustan al plano realizado y se ha actualizado la construcción de algunos nuevos tabiques que no se mostraban en el plano (data del 2002).

El espacio disponible no presenta ningún problema, considerándolo suficiente para poder realizar una nueva etapa de estas características tanto a lo largo como a lo ancho. Además, existe la flexibilidad de poder modificar y/o actualizar el último tramo de la línea para adaptarlo de la mejor forma a la nueva etapa.



Il·lustració 22: Medidas de los espacios disponibles (Fuente: departamento técnico CF)

La etapa se encuentra junto a un horno que actualmente no trabaja. En las otras paredes se encuentran los vestuarios. La presencia de las columnas tampoco presenta ningún impedimento, pudiendo servir incluso de apoyo o de delimitación de espacios.

### 5.3.2. Recursos disponibles

En este caso se indican los recursos energéticos disponibles:

- Existencia de toma eléctrica monofásica y trifásica
- Existencia de toma de aire comprimido a 5 metros de distancia
- Bomba de vacío a 20 metros de distancia
- Existencia de ventilación
- Conexión Ethernet

### 5.3.3. Dimensiones de la etapa actual

Para tener una referencia de la última etapa de la línea de producción, se ha realizado una medición de las cotas principales de la parte final (altura, anchura de la cinta, distancia entre correas, dimensiones de las barras de la estructura, dimensiones de la carcasa, etc.)

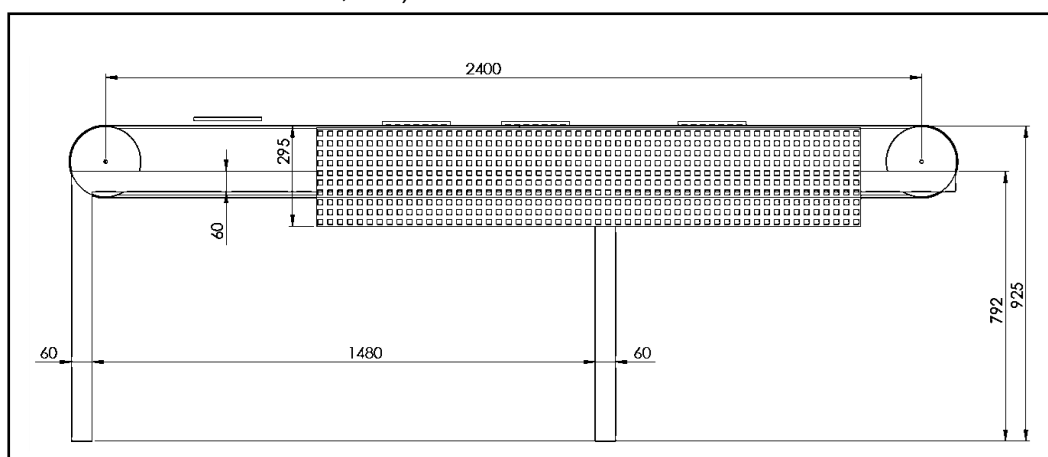


Ilustración 23: plano del final de la línea, ver anexos (Fuente: propia)

### 5.3.4. Características requeridas

Las características de la etapa automática tienen que ser similares a las funciones que se están realizando actualmente, que se tendrán en cuenta en el diseño.

- Inspección de las superficies mediante barrido óptico que detecte errores y defectos superficiales.
- Volteo automático de las baldosas.
- Posición de reposo de las baldosas apiladas
- Desechado automático que coloque las baldosas defectuosas en un recipiente, para su posterior introducción en la extrusora.
- Contador de producción (piezas totales y piezas desechadas)
- Estación meteorológica de control de humedad y temperatura.

### 5.3.5. Automatización continua

Se pretende instalar una etapa que se va a poder complementar con nuevos elementos que realicen el apilado en el palé de forma automática.

Es este proyecto, el proceso que se automatizará será hasta que el par de baldosas estén apiladas de dos en dos. Un operario deberá ahora apilarlas en bloques de 6 o 10, por lo que en este proyecto se realizará un diseño posible de esta acción para que pueda ser totalmente automático. Será necesaria la colocación del palé en el traspale, y su posterior transporte al siguiente proceso.

Los siguientes proyectos derivados de este podrían ser:

- Apilador de dos baldosas en torres de 10
- Transporte y colocación de torres de 10 baldosas en un palé

## 5.4. Análisis de las fortalezas y debilidades

Existen una serie de ventajas y desventajas a tener en cuenta en la instalación de esta etapa y de otras que tienen un grado de automatización mayor.

Por un lado, la fábrica tiene que realizar un importante esfuerzo en modernizar los espacios. En este sentido, se están instalando ventanales en sustitución de los tragaluces que proporcionan mucha más luz natural y con ayuda de los colores claros utilizados en las paredes se generan espacios más limpios.

Uno de los aspectos más destacables es el polvo generado en los procesos de molienda de la arcilla, que se puede comprobar en las superficies del suelo y del mobiliario, por lo que se deberían de establecer unas zonas de separación, con cerramientos adecuados para que los espacios limpios no se vean afectados por los polvos generados en estos procesos.

La homogeneización de palés, soportes y bandejas también es un aspecto que se podría valorar a la hora de automatizar los procesos.

Esta automatización planteada va a encaminar a una mayor especialización del personal de la fábrica debido a que se va a tener que interactuar con softwares y con sistemas de control programable. Los conocimientos de procesos de fabricación cerámicos y de automatismos y métodos de control industrial serán muy valorados a la hora de incluir nuevos trabajadores en esta fábrica.

## 6. PROTOTIPO DE LA NUEVA ESTACIÓN DE TRABAJO

### 6.1. Análisis del entorno industrial

En la primera fase de prototipado, se han analizado numerosos procesos industriales tanto cerámicos como de otros campos similares, para poder establecer tres prototipos de volteadores y desarrollar la idea más viable.

Además, se han analizado los recursos de la fábrica y de los proveedores cercanos.

En la siguiente tabla, se muestran los principales sistemas analizados que se pueden utilizar para realizar el prototipo.

Tabla 4: sistemas analizados en procesos de fabricación similares

Estructura modular	Cintas transportadoras	Paletizadoras
Transportadores tipo “conveyor”	Ventosas y sistema de vacío	Pistones
Sensores	Correas y poleas	Actuadores
Volteadores	Brazos robotizados	Motores

### 6.2. Características y fases de la máquina

En el proceso de diseño, se tienen en cuenta las siguientes cuestiones:

- El coste de la nueva estación no debe superar los 10.000 €
- Los elementos cerámicos no van a tener siempre las mismas dimensiones, por lo que cada jornada se tendrá que adaptar la producción a un tipo de baldosas. Esta estación tiene que ser **flexible** para poder adaptarse a la producción de cada día.

- La estación tiene que estar preparada para trabajar de forma continua
- La velocidad de la estación se debe poder regular
- Se realizará un diseño que favorezca la futura automatización de la paletización

Partiendo de la salida de la cinta transportadora se desea lograr apilar dos baldosas por la cara A, que es la cara del engobe (ilustración 24).

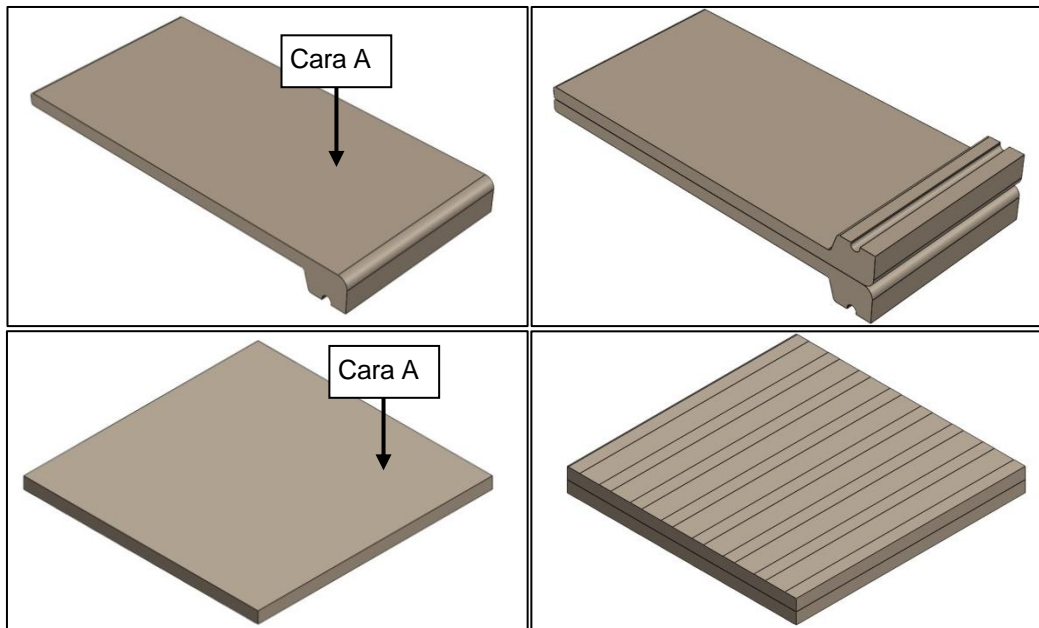


Ilustración 24: las caras del engobe se apilan de forma coincidente (Fuente: propia)

Para realizar los prototipos se han definido las fases principales por las que tiene que pasar el producto comenzando por el actual final de la línea:

1. Fase de duplicación de la línea: se necesitan un par de baldosas que se vayan a manipular, por lo que esta fase se encarga que desviar los productos y presentarlos de dos en dos
2. Fase de volteo: en esta fase se realiza la manipulación del par de baldosas para unir las caras deseadas
3. Fase de reposo del producto: finalmente se necesita que el par de baldosas se presente estable y con una velocidad adecuada para continuar por la línea

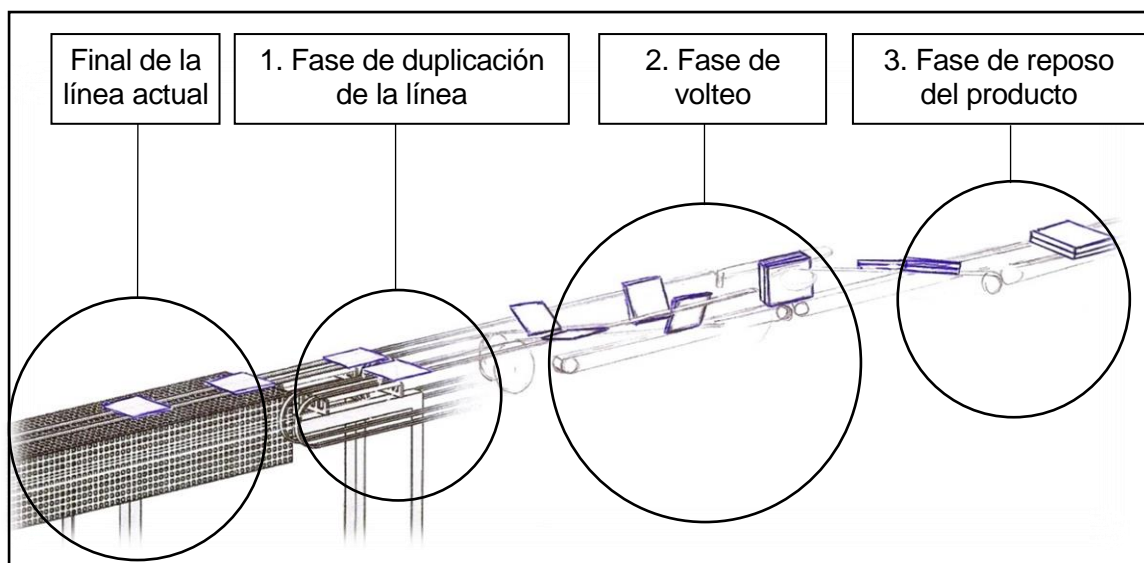


Ilustración 25: fases a tener en cuenta en el prototipado (Fuente: propia)

### 6.3. Características del producto

Peso máximo de las piezas: **2 kg**

Velocidad de la línea: **0,1 ~ 0,08 m/s** (**6 ~ 4,8 m/min** en unidades de catálogo)

Temperatura: **33 °C**

El espacio entre baldosas: varía en función de los formatos, siendo en el caso de las baldosas de 20x20 y del vierteaguas de 14x28 de entre **4 y 6 cm** (no tiene una separación constante)

Tiempo para el ciclo: también en función del formato

- Formato 14x28: 1 baldosa cada 5,4 segundos
- Formato 20x20: 1 baldosa cada 4 segundos
- Formato 10x10: 1 baldosa cada 2,3 segundos

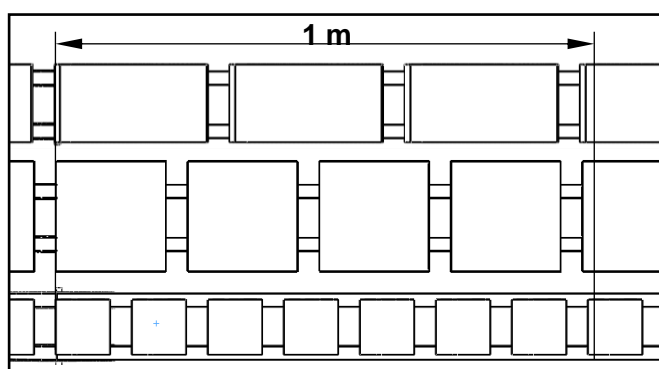


Ilustración 26: ejemplo de disposición de las baldosas. El autómatá tendrá más tiempo en realizar el volteo en las baldosas grandes, teniendo que hacer ciclos muy rápidos en las pequeñas (Fuente: propia)

## 6.4. Prototipos presentados

### 6.4.1. Prototipo 1: volteador rotacional

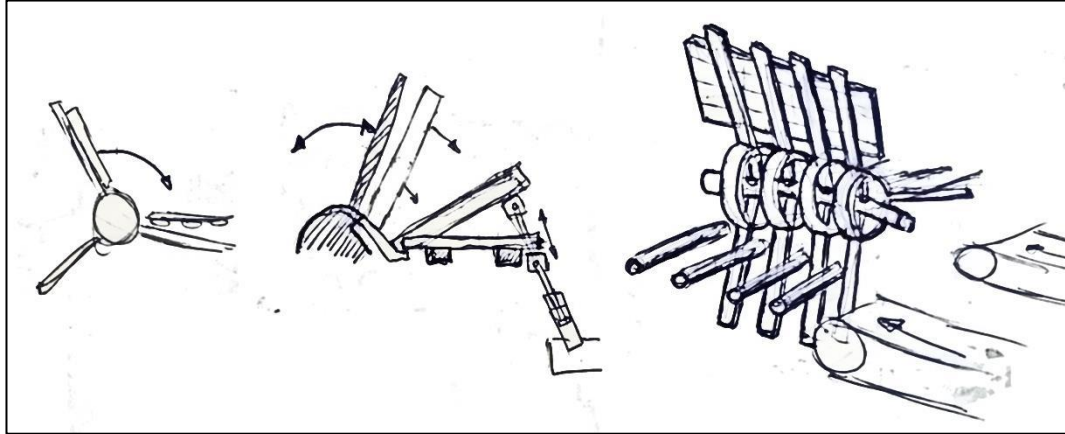


Ilustración 27: primeas ideas del brazo volteador (Fuente: propia)

El primer prototipo se basa en el volteo de las baldosas impares, una vez duplicadas en paralelo. Las primeras ideas son de un volteador tipo molinillo que gira en coordinación de los productos que van por la línea, de tal forma que las baldosas quedan apoyadas en unos rodillos donde el molinillo puede pasar.

El problema de impacto de la baldosa al sobrepasar la posición vertical se podía solucionar inclinando la baldosa que está a la espera, o incluyendo al molinillo un sistema de vacío para que la baldosa volteada se “pegue” y no caiga por su propio peso, controlando el momento de expulsión de la pieza.

Este sistema tiene una gran complejidad para que funcione en concordancia, puesto que el espacio que hay entre las baldosas no siempre es el mismo, por lo que la máquina debería de tener inputs que indicaran donde se encuentran las baldosas y el giro no sería constante.

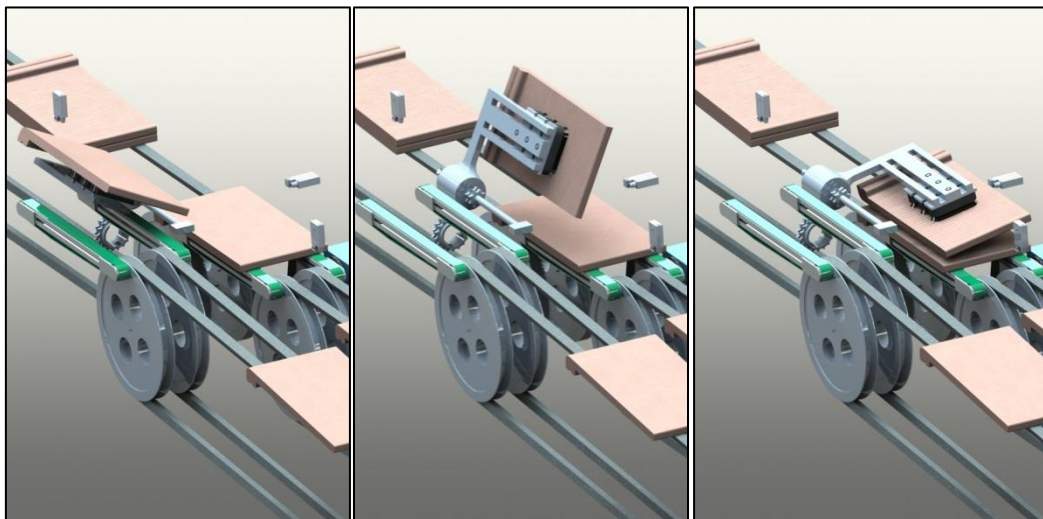
Además, el sistema de vacío tendría que ser complejo puesto que el molinillo se encuentra en movimiento continuo, y es de difícil mecanización.

Esta idea derivó a simplificar el sistema, pasando de tres brazos que giran a uno solo con movimiento de 180 grados de ida y vuelta.

El brazo tiene una fabricación más sencilla, y el movimiento de rotación se podría hacer sincronizar con unos sensores que capten la presencia de las baldosas.



La ventaja de este sistema es que la línea actual puede continuar sin cambios, acoplando únicamente el nuevo sistema en un lateral e implementando una zona de parada controlada para realizar el volteo.



**Ilustración 28: secuencia del volteo de las baldosas impares (Fuente: propia)**

La fábrica no dispone todavía de sistemas de ventosas de vacío, por lo que se ha de comprobar que este sistema funciona bien con las superficies que se van a utilizar, ya que existe una rugosidad en la parte trasera de la baldosa.

Los puntos positivos de este sistema son que los productos descansan sobre la superficie más ancha, ofreciendo estabilidad. Y se puede controlar tanto el volteo (que puede ser con deceleración) y el retorno (que puede ser más rápido). Una vez que la baldosa volteada está encima de su correspondiente, el sistema de vacío desconecta la aspiración de las ventosas, y la baldosa cae encima por su propio peso, pudiendo haber una separación de milímetros para que la caída sea suave. También se podría instalar una expulsión de aire en el caso de que se desee hacer con más rapidez o la ventosa quede ligeramente pegada.

**Tabla 5: puntos fuertes y débiles del prototipo 1**

Puntos fuertes	Puntos débiles
Estabilidad de productos	Poco espacio en la anchura de las cintas
Fácil adaptación a la línea actual	El proceso tiene que ser ágil
Posibilidad de implementar sistema neumático o eléctrico	

#### 6.4.2. Prototipo 2: volteador de correas inclinadas

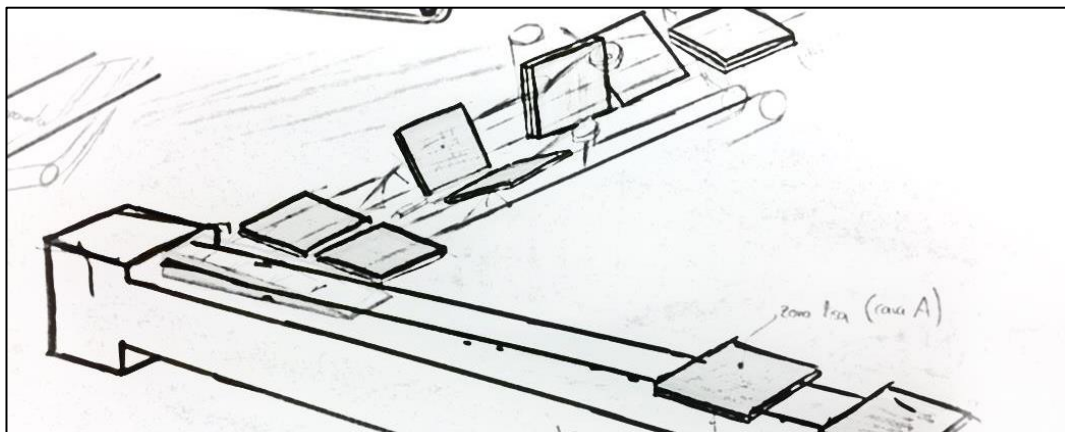


Ilustración 29: primeras ideas del volteador con correas inclinadas (Fuente: propia)

El segundo prototipo se basa en el volteo de 90 grados de cada par de baldosas, haciendo coincidir las caras del engobe cuando los productos están en vertical.

Para ello, nuevamente las baldosas tienen que salir de dos en dos, y en este caso sincronizadas en paralelo, con la misma velocidad, por lo que esta duplicación se podría hacer como en el primer caso, o acumulando productos en la línea principal haciendo una **salida en perpendicular** a la línea como muestra el esquema.

El principal problema es la inestabilidad de los productos en su posición vertical, y el paso de esta posición a una horizontal presenta un mecanismo más complejo en el que las caras no deberían de resbalar.

Después de realizar varias ideas y consultas, se pensó en utilizar dos pares de correas: el primer par está en el plano horizontal al pavimento y cada vez se junta más hasta la anchura de dos baldosas, y el segundo par de correas iría bajando progresivamente para generar la rotación de las baldosas (ver ilustración 31).

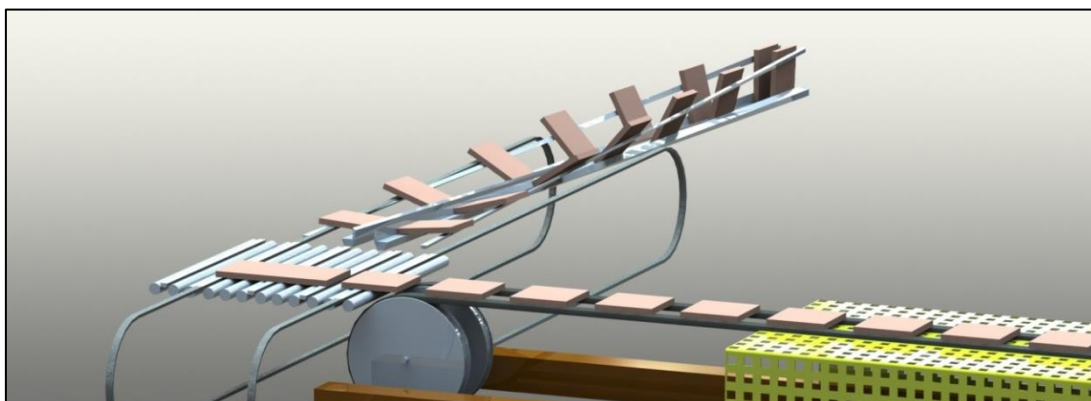
La ventaja de este diseño es que es un proceso muy continuo, en el que las baldosas se voltean por el hecho de que van circulando por las correas.



Ilustración 30: paso de 70 grados a horizontal

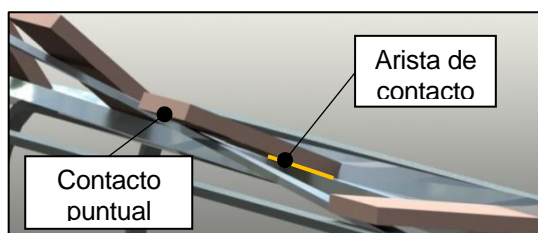
El diseño se realizó en base a la actual estación de pintado de las baldosas de la fábrica, en donde los productos pasan de una posición de 70 grados respecto al

plano horizontal, a una posición completamente horizontal como se puede ver en la ilustración 30.



**Ilustración 31: secuencia del volteo de las baldosas con las correas inclinadas (Fuente: propia)**

La desventaja de este problema es principalmente que las piezas no apoyan con estabilidad, puesto que un plano (el plano de la baldosa) está siendo sometido a un trazo curvo (las correas inclinadas), por lo que hay 3 puntos en contacto o, visto de otro modo, una arista de contacto y un punto lateral, como se puede comprobar en la ilustración 32.



**Ilustración 32: detalle del contacto entre pieza y correas (Fuente: propia)**

Otra desventaja importante es que este proceso necesita un espacio superior al prototipo 1, y cuanto más progresivo se quiera hacer el volteo, mayor longitud tendrá el volteador. Además, las correas sufren una tracción continua, y al ser tan largas sufren deformaciones que requieren un mantenimiento y ajuste continuo. Además, el perfil de la correa de soporte tendría que ser especial (en V) para que la pieza pueda descansar siempre sobre este perfil y minimizar el riesgo de caer.

**Tabla 6: Puntos fuertes y puntos débiles del prototipo 2**

Puntos fuertes	Puntos débiles
Proceso continuo	Inestabilidad del producto
Aparente sencilla automatización	Gran espacio ocupado
	Mantenimiento de las correas

### 6.4.3. Prototipo 3: volteador de pinza robotizada

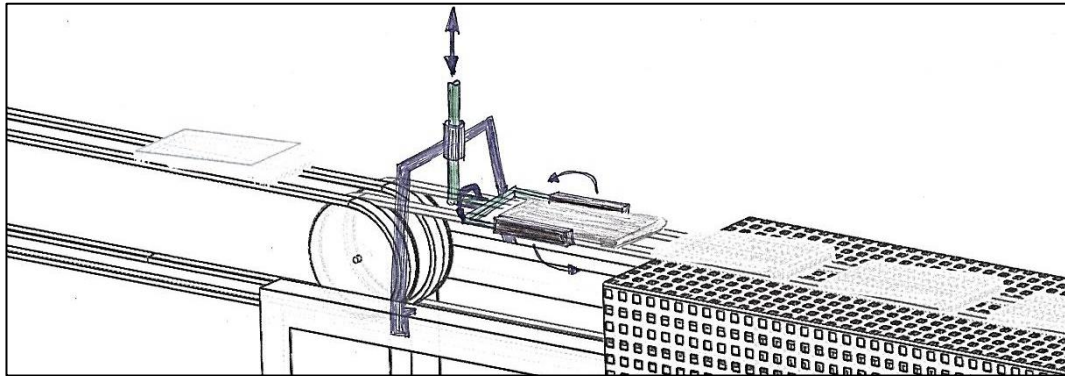


Ilustración 33: boceto del volteador de pinza robotizada (Fuente: propia).

El segundo prototipo se basa en el volteo de 180 grados de las baldosas impares que circulan sobre la actual línea. El volteador de pinza agarraría por los cantos la baldosa, subiría una altura suficiente para hacer el volteo, realizaría el giro, y volvería a bajar la pieza para acercarla a la siguiente baldosa sobre la que se colocará, liberando la pinza.

La ventaja que tiene este prototipo es que la línea no se tendría que duplicar, por lo que la máquina quedaría integrada en la actual cinta transportadora.

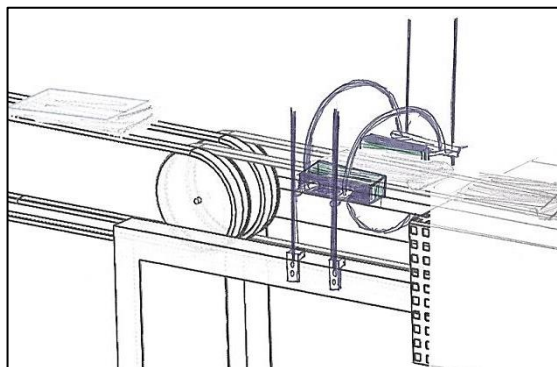


Ilustración 34: alternativa de pinza (fuente: propia)

Existen algunas desventajas ya que el proceso está sometido a ciclos continuos, y las baldosas vienen muy juntas, por lo que el ciclo de volteo debería de ser muy rápido y se corre el riesgo de marcar la pieza con la pinza.

Esta idea no se ha desarrollado más debido a que queda como alternativa de diseño en base al asesoramiento que ha recibido este proyecto.

Una solución para realizar el volteo más lento es colocar en serie otro volteador, por lo que el volteo podría durar el doble (pudiendo colocar más).

En el apartado 6.5 se explica el proceso de elección en base a los tres prototipos.

#### 6.4.4. Duplicación de la línea

Los siguientes sistemas pueden ser de utilidad para realizar el volteador, siendo elementos que se encargan de duplicar una línea en dos, analizando sistemas similares del sector cerámico y de otros sectores en donde se transportan productos.

##### ***Duplicación con rodillos***

En este caso, el sistema combina correas, que pueden tener una velocidad controlada, y de unos rodillos que se ubican en los huecos que quedan entre las correas, pudiendo subir y bajar para coincidir con la superficie de la pieza y poder arrastrarla mediante un mecanismo motorizado, que bien puede ser de correas conectadas entre los cilindros, de cadena y piñón, de engranajes, etc.

Uno de los riesgos que existe en la utilización de este sistema es que el desplazamiento en perpendicular ha de ser muy rápido ya que los productos vienen muy juntos, por lo que podría haber contacto entre piezas.

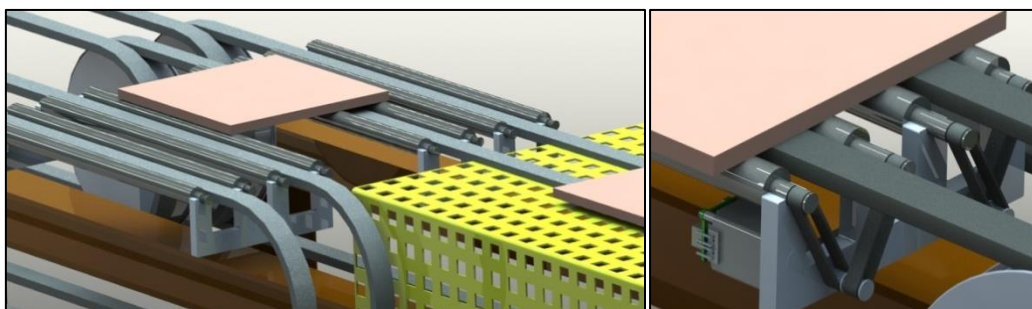


Ilustración 35; cambio de carril con rodillos y correas (Fuente: propia)

##### ***Duplicación tipo “Y” o cambio de agujas:***

En este caso, las baldosas van circulando por la línea y se encuentran una zona que va realizando un movimiento rotatorio alternando la entrada de las dos nuevas cintas, ubicando las baldosas en la línea de la izquierda y derecha.

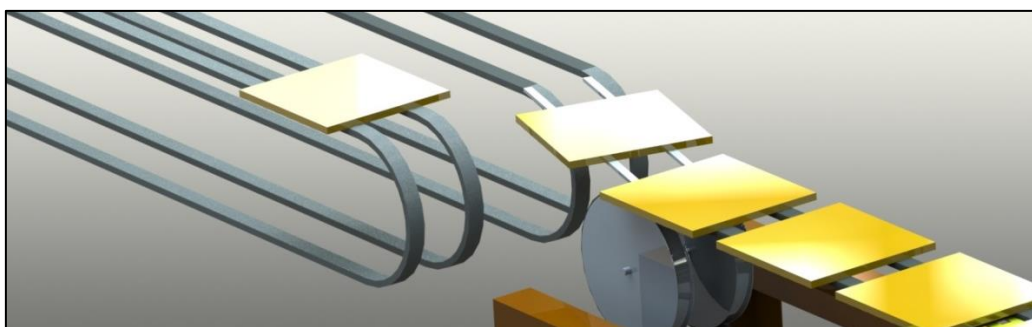


Ilustración 36: cambio de carril con desviación alternada (Fuente: propia)



### **Duplicación en diagonal:**

Este caso es una mezcla de la duplicación con rodillos y del cambio de carril.

Al inicio, la baldosa se ha de encontrar en una zona que le permita continuar por la línea, o que mediante un sistema de subida y bajada se vea arrastrada por la cinta colocada en diagonal. Este sistema tiene que utilizar los huecos que existen entre la correa principal para ubicar una serie de rodillos que desplacen la baldosa en la nueva correa.

Lo bueno de este sistema es que, si la componente de velocidad paralela a la cinta principal se mantiene constante en la cinta diagonal, las piezas nunca se tocarán.

El inconveniente que presenta la interferencia de las correas se soluciona utilizando un sistema combinado de rodillos y pistones que se ajusten a los huecos.

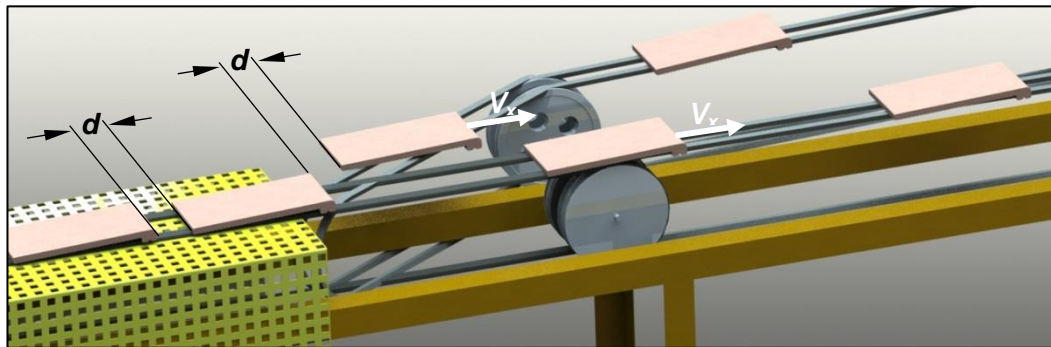


Ilustración 37: duplicación en diagonal del vierteaguas (Fuente: propia)

### **Duplicación en dos alturas:**

En este caso se presenta otra alternativa de transporte de productos utilizada en materiales de poco espesor. Es un sistema que se compone de una rampa acoplada a un pistón que la eleva, haciendo circular el producto por la parte superior de la cinta en el caso de que interese.

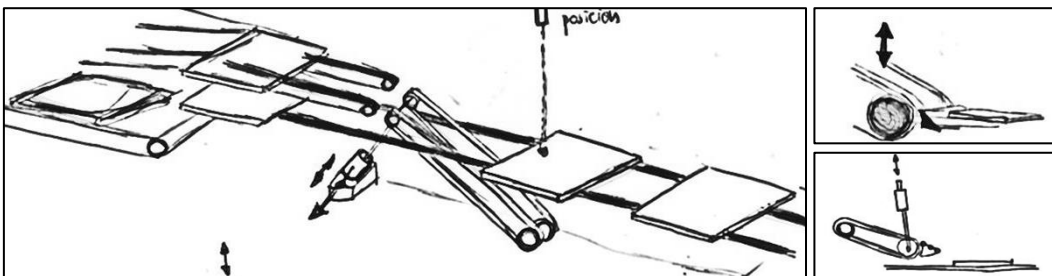


Ilustración 38: bocetos de duplicación en dos alturas de las baldosas cuadradas (Fuente: propia)

## 6.5. Elección del prototipo

La elección del desarrollo del prototipo es el punto de inflexión del proyecto, en donde los diseños se tienen que valorar y contrastar por las entidades que intervienen en el proyecto y por el asesoramiento y apoyo de profesionales y técnicos del sector dedicados a la ingeniería y maquinaria de procesos industriales.

### UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA

En primer lugar, la *UPC* ha participado gracias a la consulta del profesorado relacionado con el sector y con los mecanismos ofreciendo una opinión positiva en los prototipos.

### AYRTAC

Los prototipos se presentaron primeramente a *AYRTAC*, una empresa que ofrece servicio integral en envases, ingeniería y maquinaria para el sector alimentario, realizando el manipulado de botes, cajas, tabletas etc. Tras analizar la documentación presentada, se ha recibido un feedback positivo referente al prototipo uno, ya que es el que más fuerza ven desde *AYRTAC* por tener una implementación más segura y de mejor coste, siendo una solución muy visual y de fácil implementación. La opción número 2 se descarta completamente desde *AYRTAC* por temas de mantenimiento y por el tema de las cintas de transporte, teniendo problemas de tensión a largo plazo debido a la experiencia que tienen con estos elementos. El prototipo 3 ofrece una alternativa interesante (usando como mínimo 2 volteadores) en caso de que las pruebas del prototipo 1 no se acepten.

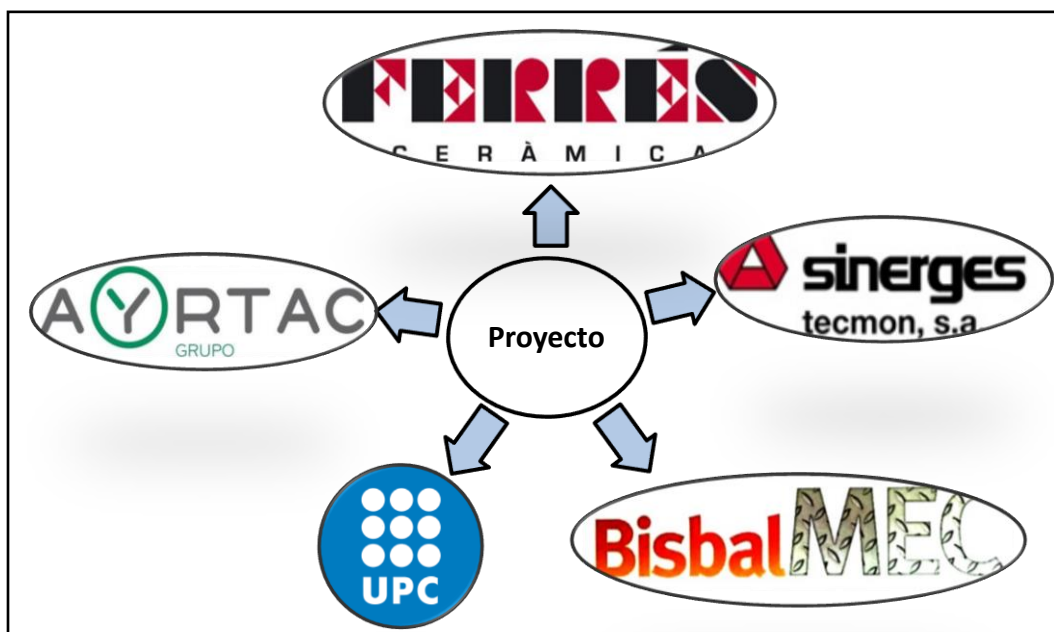


Ilustración 39: grupos que han intervenido en la decisión del prototipo elegido (Fuente: propia)



## **SINERGES**

A continuación, se realizó una visita al departamento técnico de *Sinerges Tecmon*, que es una empresa con más de 25 años de experiencia en la comercialización y distribución de material para la manipulación y el transporte industrial, ubicada en Pallejà (Barcelona) ofreciendo también robots *EPSON*, actuadores eléctricos IAI y actuadores neumáticos.

Por parte de esta empresa se ha recibido una opinión decantada por el prototipo 1, ya que es un proceso que se asemeja a lo que ellos están acostumbrados a trabajar.

La visita a esta empresa ha proporcionado un gran valor en el proyecto, ya que en la sala técnica se dispone de una completa exposición de líneas de montaje de numerosos elementos analizados en este proyecto, además de la entrega de todos los catálogos técnicos con todos los productos disponibles que se pueden incluir en proyectos similares.

## **CERÁMICA FERRÉS**

Una vez analizados los prototipos por entidades externas, se realizó la presentación de estas ideas y de la información adquirida al departamento técnico de *Cerámica Ferrés* y a los responsables de la línea de producción.

Como es lógico, la opción más familiar es el prototipo 2 debido a que este proceso ya se utiliza para realizar el tumbado de piezas que están a 70 grados respecto al suelo, a una posición horizontal, pero el resto de ideas fueron aceptadas.

El siguiente paso ha sido encontrar la empresa que se responsabilice de fabricar e implementar todos los mecanismos necesarios, y que ofrezca garantías a la hora de su instalación y puesta a punto, por lo que se ha contactado con empresas de este tipo que están familiarizadas con el sector cerámico o con sectores similares.

## **BISBALMEC**

*BisbalMEC*, empresa joven dedicada a mecanizados, automatismos y mantenimiento industrial (derivada de otra empresa que ya había hecho algunos trabajos de mantenimiento en *Cerámica Ferrés*), se presentó en la oficina técnica para evaluar los prototipos y ofrecer una opinión sobre la nueva estación.

Esta pequeña empresa dispone de unas instalaciones cercanas a la localidad, y es capaz de realizar el mecanizado y la instalación de estructuras, y la programación y puesta en marcha de todos los autómatas necesarios. En sus instalaciones se

puede encontrar un torno y fresadora automáticos, y un completo taller capaz de realizar soldaduras, rectificadores roscas etc.

El conocimiento del sector por parte de *BisbalMEC* ha proporcionado una opinión muy útil puesto que los dos técnicos tienen experiencia en otras fábricas de baldosas de la zona. Las ideas del prototipo 2 han sido bien recibidas debido a la existencia de un proceso similar en baldosas ya curadas, en donde había una línea de producción donde salían ya secas, y se dividían en dos cintas mediante un cambio de agujas en Y circulando inclinadas. En este caso, debido al estado de las baldosas, esta circulación de productos en vertical se complica, por lo que el prototipo 1 ha sido aceptado como idea a desarrollar. Además, la duplicación de los productos se ha decidido realizarla en diagonal.

Aspectos que han sido predominantes para elegir el prototipo 1:

- Fiabilidad del movimiento
- Capacidad de controlar
- Uso de ventosas en la industria
- Adaptabilidad a formatos diferentes
- Poco mantenimiento
- Fácil adaptación a la línea actual

Así pues, la fabricación e instalación de esta estación será llevada a cabo por *BisbalMEC*, con ayuda de los planos y diseños obtenidos en este proyecto y la colaboración para realizar las modificaciones necesarias.

Además, se comentaron otros aspectos como:

- Duplicación de la línea por impacto de pistón
- Sistema de rodillos motorizados de *Interroll*
- Transmisión por cadena no recomendable, eliminar juegos es importante.
- La orientación de las baldosas es importante a la hora de diseñar
- Rugosidad de la baldosa, tener en cuenta para que la ventosa haga efecto y la sujete bien.
- Problemas en la rapidez con que el robot debería de trabajar (ciclos muy rápidos en el prototipo 3) por lo que se podría duplicar

También se ha comentado aspectos como procesar el volteo en grupos de baldosas, por ejemplo, de 3 en 3 de tal forma que el ciclo de volteo podría ser más lento. Para aceptar y descartar opciones, se ha decidido contactar con proveedores de ventosas: para ello se ha puesto en contacto directamente con SMC y con SCHMEZ.

## 7. DISEÑO 3D DEL PROTOTIPO ELEGIDO

### 7.1. Mecanismos a diseñar

En este apartado se realiza el diseño de los elementos mecánicos en Solid Works 2016 incluyendo las piezas elegidas a los proveedores e implementadas en el diseño.

El siguiente gráfico muestra los mecanismos a diseñar, habiéndose focalizado en este proyecto en el diseño del volteador.



Ilustración 40: gráfico que muestra los elementos más representativos de la nueva etapa

El objetivo es aproximar el diseño a la realidad y así poder determinar el coste aproximado del proyecto.

## 7.2. Cambio de carril diagonal

Como ya se ha comentado, el cambio de carril seleccionado ha sido el diagonal, y su implementación y diseño es llevado a cabo por *BisbalMEC* debido a la experiencia que tienen con el uso de varios mecanismos de este tipo, por lo que en este proyecto no se ha realizado su diseño.

La razón de la elección del desviador en diagonal es porque los productos llegan con una separación muy reducida, y así el sistema se asegura que se desplazan manteniendo estos espacios.

Además, existe la ventaja de que al volteador le lleguen las baldosas desviadas primero ya que se tiene que cargar en el volteador (que se mantiene a la espera) para realizar la rotación en el tiempo en el que la baldosa de la línea principal llega al lugar de volteo. En la ilustración 40 se puede observar la vista en planta de la etapa, mientras que la ilustración 41 nos muestra la secuencia de volteo.

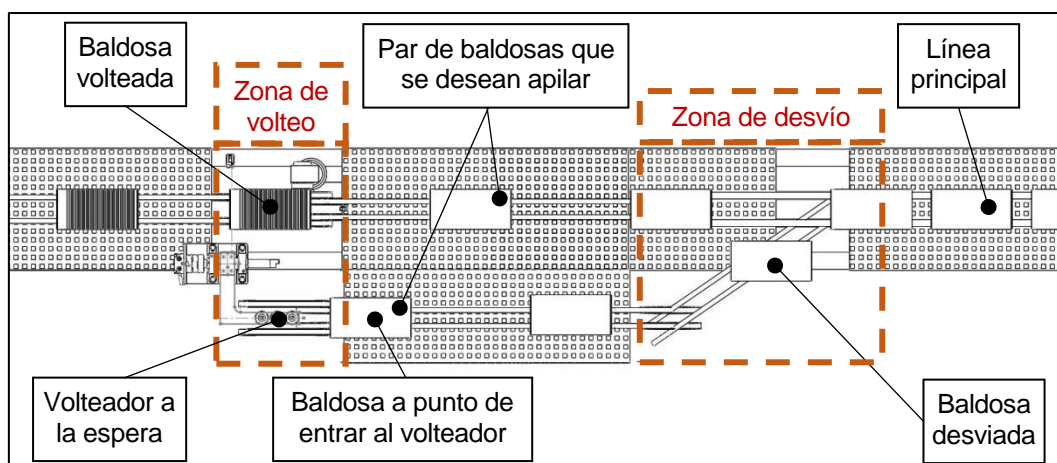


Ilustración 41: vista en planta de la etapa con sus dos zonas principales (Fuente: propia)

El esquema muestra un ejemplo de la secuencia favorable que se deriva del carril diagonal, donde los productos circulan de derecha a izquierda.

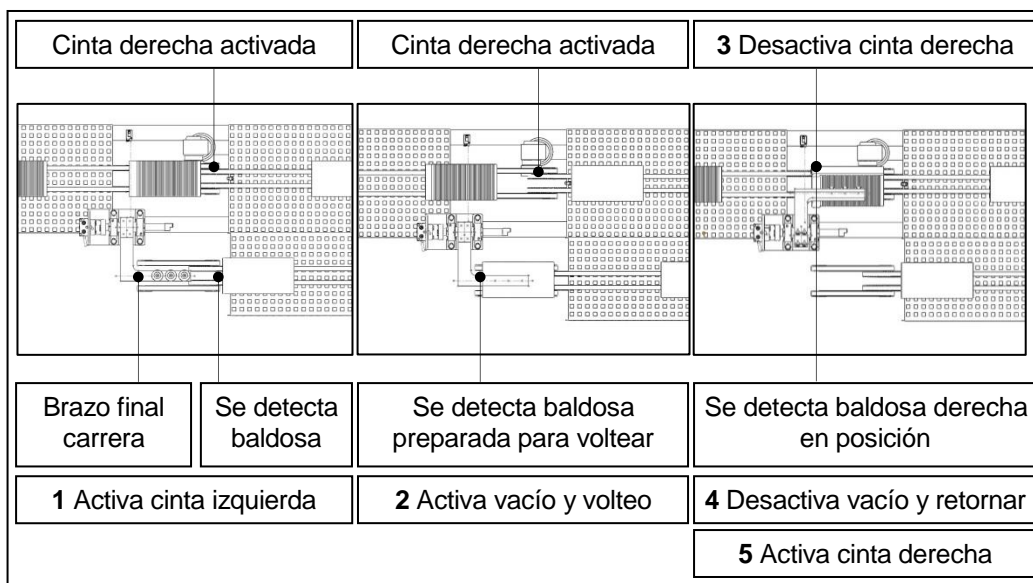
## 7.3. Elementos de transporte

Respecto a los elementos de transporte, podemos encontrar básicamente poleas y correas trapezoidales que se van a adquirir a *furio suministros industriales*.

Las correas utilizadas son trapezoidales de tipo B, por lo que se va a mantener este formato debido a la cantidad de mecanismos y repuestos que tiene la fábrica para poder reaprovechar en el diseño.

## 7.4. Cintas con parada controlada

Las cintas dispuestas en la zona de volteo sirven para controlar que la secuencia funcione de manera autónoma. La parada controlada permite que el sistema se regule con mayor fiabilidad sabiendo la posición de las baldosas mediante sensores de posición que informarán al autómatas cuando tiene que parar. A continuación se muestra la secuencia principal enumerada por orden de acciones.



**Ilustración 42: secuencia de volteo con las acciones principales (Fuente: propia)**

En este caso, la posibilidad de acelerar las cintas permite posicionar los productos más rápidamente para tener tiempo a hacer el ciclo de volteo, por lo que el volteador tendría más tiempo para realizar el giro de la pieza. Las cintas que han sido implementadas en el diseño son del proveedor *Sinerges Cintes*, ofreciendo una amplia gama de elementos.

En cuanto al funcionamiento de estas cintas, precisan de:

- Una estructura de aluminio modular,
- Unos topes donde se ubican las poleas de los extremos y los rodamientos
- Una zona donde se colocan las poleas tractoras
- Un motor que va acoplado a las poleas tractoras

En la siguiente fotografía se puede observar la estructura de las cintas, así como una estructura soporte complementaria. En la segunda fotografía se sitúan las poleas tractoras, pudiendo mover a lo largo de las cintas II azoan de tracción junto con el motor.




**Ilustración 43: estructura de las cintas y poleas de transmisión (Fuente: catalogo sinerges)**

Existe también una gama de microtransportadores con motorización interna y control de velocidad integrado que podría encajar en el diseño, siendo apropiada para productos pequeños o ligeros. Sin embargo, en este caso el motor externo ofrece más robustez y mejores garantías de funcionamiento que el microtransportador, por lo que el producto recomendado por el fabricante ha sido el modelo STB20-C.

Este transportador doble posee cinta plana, a diferencia de los modelos STT que poseen correa dentada. En el caso planteado, la anchura mínima (20mm) es suficiente para que el transporte de los productos se haga con seguridad.

Datos técnicos

STB20-C

 **sinerges**

## ESPECIFICACIONES

A (mm)	L (mm)	Q (kg.) <sup>(1)</sup>		V (m/min) <sup>(2)</sup>	Ø (mm) <sup>(3)</sup>
20	200<L>3000	hasta	10	1-2-3-6-9-12-19	22
40-80-160	300<L>3000		40	2-3-4-6-9-12-18-24-37	42

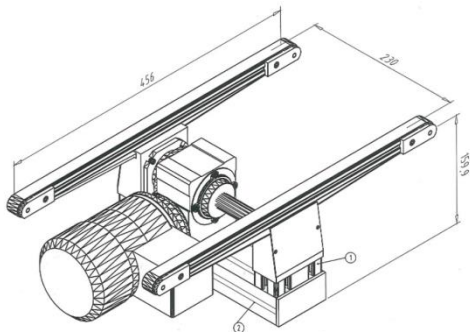
(1) En función de las condiciones de trabajo, dimensiones y velocidad del transportador.

(2) Velocidad orientativa +/- 10%.

El transportador se suministra totalmente montado y comprobado con banda (de PVC o Poliuretano téxtil y con Poliuretano elástico en el caso del transportador de ancho 20 mm).

## MOTORIZACIONES OPCIONALES (pág. 190)

- Motor alterna con freno
- Motor alterna con freno y encoder
- Motor Monofásico
- Motor con ventilación forzada
- Motor 24 V DC
- Paso a paso
- Servomotor



**Ilustración 44: especificaciones del transportador recomendado (Fuente: catalogo sinerges)**

Además, las especificaciones de peso y velocidad también cumplen con los requisitos, siendo 3 kg el máximo de peso utilizado, y teniendo en cuenta que la

velocidad de la línea actual es de 6m/min, pudiendo colocar la baldosa en el lugar de volteo con una velocidad mayor.

### **SERVOMOTOR**

Este tipo de motorización está especialmente indicada para aquellas aplicaciones que tengan una exigencia de alta cadencia con grandes aceleraciones, para arrancadas y paros frecuentes y para indexación de productos. Además, *Sinerges* puede proponer el maridaje adecuado entre el transportador y su accionamiento.

El coste del transportador doble es de 950€ siendo necesario dos transportadores dobles (para el lado izquierdo y el lado derecho del volteador)

Además, el fabricante proporciona un proveedor para el sistema del autómatas y sensores (*OMRON*) garantizando calidad y funcionamiento.

## **7.5. Volteador**

En este apartado se determinan todos los elementos que componen el volteador.

### **7.5.1. Brazo volteador**

El brazo es la estructura principal que se va a encargar de soportar las ventosas de vacío y la baldosa.

En una primera fase de diseño, se ha pensado en un brazo simple donde la interferencia entre la cinta se solucionaba colocando una serie de rodillos ubicados en los huecos de la estructura del brazo, como se puede observar en la idea de la primera figura de la ilustración 44, pero las baldosas necesitan ser guiadas con precisión, por lo que el uso del par de cintas era obligatorio, y el brazo tiene que tener una entrada lateral.

Por lo tanto, se ha realizado un diseño de brazo en aluminio macizo en forma de L para evitar esta interferencia con las cintas (ver figura 2).

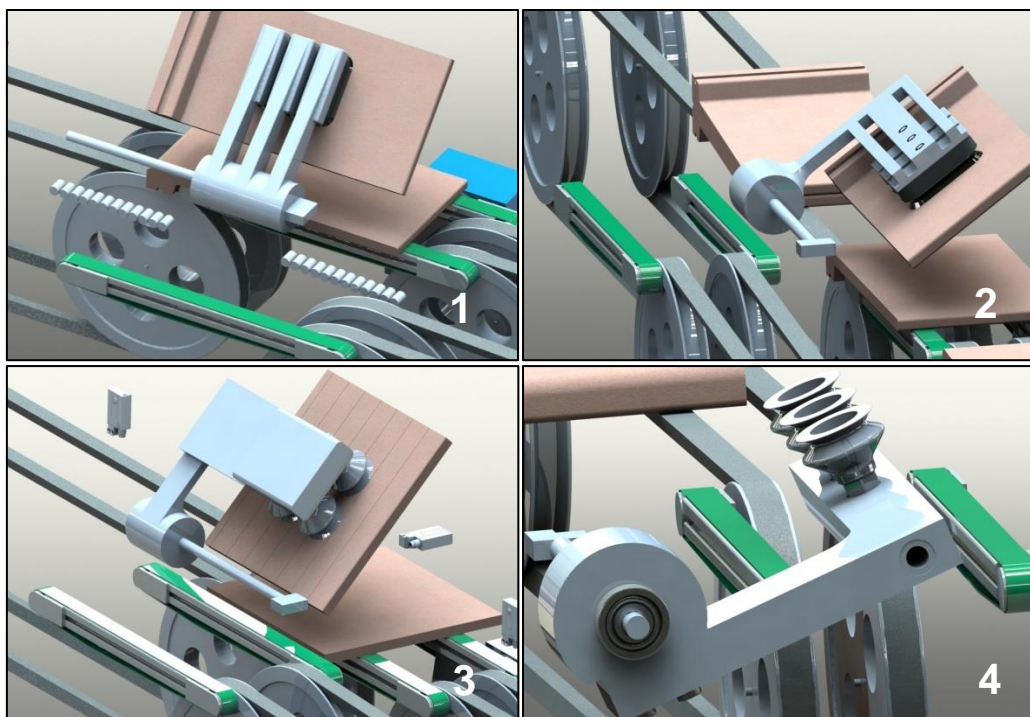
Una vez conocidos los formatos de las ventosas, el siguiente paso ha sido adaptar un colector desmontable al brazo para independizar este de las conexiones de las ventosas (el colector se detalla más adelante). Esta opción permite realizar sustituciones de los elementos que sufren desgaste, sin necesidad de volver a mecanizar de nuevo un nuevo brazo, pero es necesario tener en cuenta el ajuste hermético que debería tener esta propuesta y evitar que se pierda depresión en las uniones (ver figura 3).



Para facilitar su fabricación, el brazo queda finalmente compuesto de dos piezas:

- El tambor del brazo, donde se mecaniza un chavetero para acoplar al eje del volteador
- El brazo en L donde se integra el soporte de ventosas

De esta forma, estos dos elementos acoplan entre sí mediante 4 tornillos que ajustan en el tambor, como se puede observar en la figura 4 de la ilustración 45.



**Ilustración 45: evolución del diseño del brazo y del soporte de ventosas (Fuente: propia)**

El parámetro más importante del brazo volteador es la distancia desde el eje de giro hasta el eje de las ventosas, ya que las correas se van a tener que colocar al doble de esta distancia. Cuando mayor sea la longitud del brazo, mayor brazo de palanca se realiza en el volteo, por lo que es un parámetro limitante.

### **7.5.2. Soporte de ventosas**

Existen varias posibilidades de soporte: flexible o mecanizado

Inicialmente se diseñó con ventosas ovaladas, comprobando que queda poco espacio entre la anchura de las cintas transportadoras.

A continuación, se estableció el uso de ventosas circulares en vez de las ovaladas, debido a que son las que mejores prestaciones se obtienen por la existencia de la rugosidad que tiene la baldosa por la cara trasera, por lo que se realizó un diseño

de matriz siguiendo las dimensiones de las ventosas calculadas (especificado en el anexo). Se realizó el diseño de un colector de 4 ventosas que podría ir acoplado al brazo.

Después de la realización de pruebas de vacío in situ, se comprobó que con una línea de ventosas se conseguía la estabilidad suficiente para realizar el volteo, por lo que esto permite ganar espacio y aumentar incluso el diámetro de las ventosas en el caso de que fuese necesario, incluso contar con componentes de compensación de las baldosas para que se realice una aspiración suave.

El radio de giro ha sido sometido a numerosas calibraciones teniendo en cuenta el espacio entre las cintas, siento todo ese espacio útil.

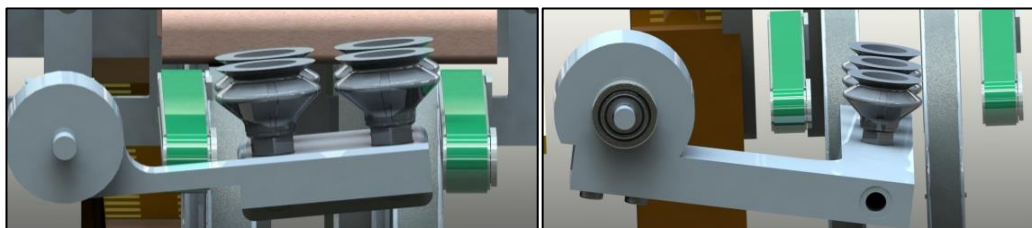


Ilustración 46: diseño con matriz de ventosas y línea de ventosas (Fuente: propia)

Los canales de distribución del nuevo brazo se reducen a 3 (3 ventosas útiles) con posibilidad de inutilizar alguna de las ventosas mediante algún mecanismo que cierre el sector de canal correspondiente. En este caso, el canal de vacío es un agujero perforado de 256 mm de longitud, y el tubo de vacío debe ir conectado y guiado lo más cercano al eje del volteador, para evitar que con los movimientos de giro se cruce con otros elementos.

Existen otras opciones flexibles que permiten ensamblar un soporte de ventosas de manera fácil y rápida, pudiendo ajustar la posición de forma libre.

Los siguientes ejemplos muestran unos interesantes componentes modulares de fijación de ventosas que se pueden tener en cuenta para futuros mecanismos.

**Application example SAS**

**SAS / Vacuum Cup Connector, lateral**

**Remarks:**

- connects a vacuum cup very close to the profile
- connector is used when there is restricted access
- see application example for further information

Part No.	Description	A [mm] ["]	B [mm] ["]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	Material	Weight [g]
1-200-70-00	SAS X 1/8-1/8	G1/8	G1/8	15	24	12	Aluminum	40
1-200-75-00	SAS X 1/4-1/8	G1/4	G1/8	15	24	10	Aluminum	38

Ilustración 47: productos de ASS automation (Fuente: catálogo de productos ASS)

En el caso planteado, el brazo va a ir sometido a esfuerzos inerciales grandes, por lo que se concluye que la opción más rígida es mecanizar un soporte macizo.

### 7.5.3. Sistema de vacío

La ventosa es el miembro de unión entre la pieza y la instalación de manipulación. Está compuesta por una ventosa (pieza elastomérica) y por una boquilla.

En cuanto la ventosa entra en contacto con la superficie de la pieza, la presión atmosférica presiona la pieza contra la ventosa, para ello la presión ambiental debe ser mayor que la presión existente entre la ventosa y la pieza. La depresión necesaria se consigue gracias al generador de vacío.

Básicamente se distinguen dos tipos de formas:

- Ventosas planas: para piezas con superficies planas o levemente abombadas.
- Ventosas de fuelle: para manipular piezas de diferentes alturas, con desniveles, irregularidades o superficies delicadas.



Como ya se ha comentado, en un primer momento el diseño fue con una matriz de ventosas (4, 6, 8...) ya que dan mayor estabilidad al producto.

El experimento se ha realizado tomando una baldosa de la estación de apilado con las características definidas anteriormente, y con un equipo de prueba de pérdida de vacío proporcionado por *Schmalz*

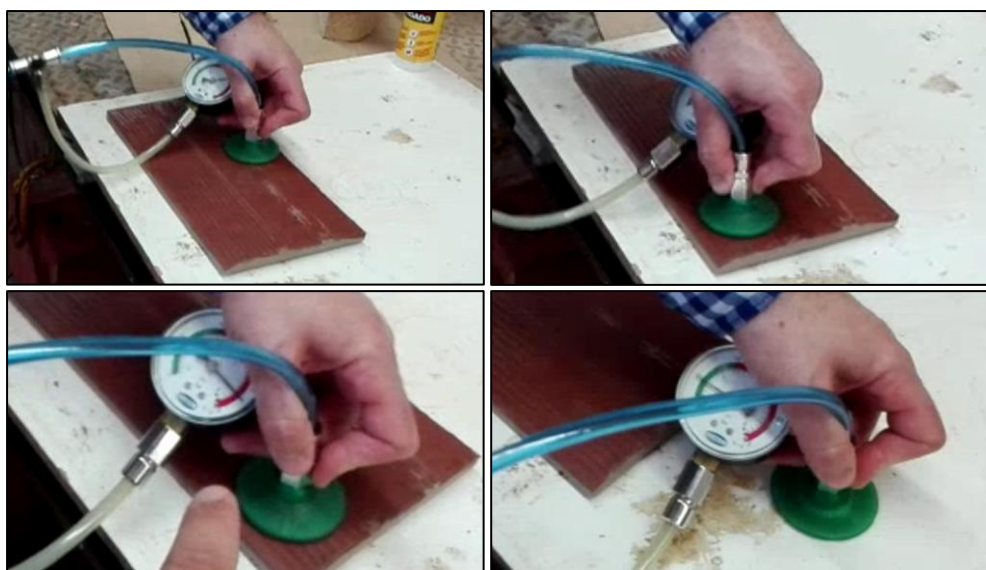


Ilustración 48: experimento de pérdida de vacío (Fuente: propia)

Con este experimento se ha obtenido el informe técnico junto con información relacionada con el equipo de generación de vacío, comprobando que en la baldosa obtenemos una depresión que varía entre -0,5 y -0,2 bar.

**Tabla 7: características de la primera prueba**

Valores utilizados
Depresión aproximada: -700 mbar
Un eyector con caudal: 30l/min
Una ventosa

La depresión de servicio en producción debería ser superior a -600 mbar

El eyector proporciona -800 mbar. El vacío de trabajo debe estar entre -600 y -800 mbar.



**Ilustración 49: manómetro utilizado con rango de 0 a -1 bar de depresión**

Se deben separar las ventosas en los dos ejes lo máximo posible, para tener estabilidad en la pieza. Si el mayor peso corresponde a piezas más largas, sería conveniente tener un sistema para desplazar las ventosas y buscar más separación.

**Tabla 8: datos utilizados en el dimensionado de los elementos**

Datos	
Masa de las piezas	2 kg
Depresión nominal	-300 mbar
Ventosas	4
Coeficiente de fricción	0,3
Factor de seguridad	2
Aceleración máxima	6 m/s <sup>2</sup>

Resultados obtenidos (ver anexos):

Cuatro ventosas de  $\varnothing$  40 mm para que cumplan con la especificación de 2 kg de carga.

El hecho de tener 4 ventosas en forma de matriz genera problemas de espacio entre las cintas, tal y como se ha comentado en el apartado anterior, por lo que se proponen diferentes soluciones:

- Reducir dimensión de las ventosas para tener más espacio
- Aumentar distancia entre cinta transportadora (no interesa tanto, ya que la baldosa apoyaría sobre menos superficie)

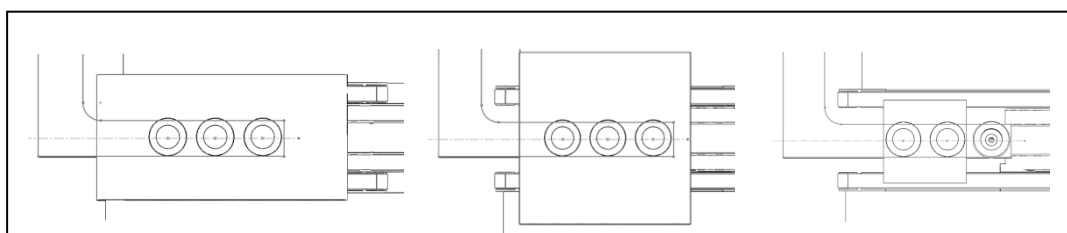
Para solucionar este problema, se ha pedido asesoramiento a Manxa Industrial, trabajando con productos de SMC. En este caso se han utilizado dos ventosas de 1,5 fuelles y espuma y diámetro 32, comprobando que funciona perfectamente realizando el volteo manual.



**Ilustración 50: pruebas de volteo con 2 ventosas de espuma de diámetro 32 (Fuente: propia)**

Por lo tanto, se necesita utilizar un sistema de adaptación flexible que permita disponer las ventosas en la mayor longitud de la baldosa y que sea capaz de adaptarse a los cambios de formato

- Baldosas alargadas y grandes
- Baldosas pequeñas



**Ilustración 51: ejemplo de disposición de tres ventosas para diferentes formatos de baldosas**



#### 7.5.4. Mecanismo de giro

El mecanismo de giro es el que le va a proporcionar al brazo la capacidad de rotar 180 grados y retroceder a su posición de origen. Puede ser accionado mediante servomotores o pistones neumáticos.

El uso de servomotores o motores paso a paso puede proporcionar mayor precisión en el giro, y mayor capacidad para controlar el movimiento de aceleración y desaceleración.

Para la fabricación del prototipo, se ha decidido utilizar un sistema de pistones debido a la facilidad de programación y al coste económico que supone la compra del mecanismo.

Para convertir el movimiento lineal de un pistón en un movimiento rotacional, podemos hacer uso del mecanismo piñón-cremallera, actuando sobre la cremallera para proporcionar movimiento longitudinal.

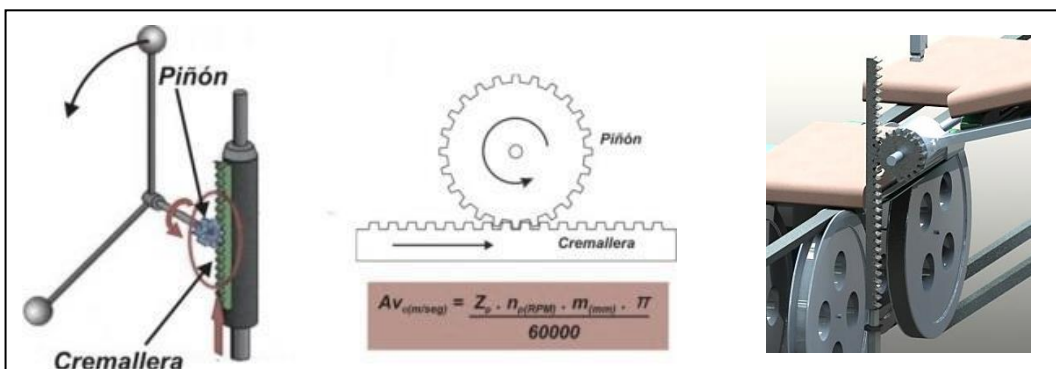


Ilustración 52: ejemplo del mecanismo piñón-cremallera e implementación en el diseño (Fuente: [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec\\_cremallera-pinon.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cremallera-pinon.htm) 20/5/2017)

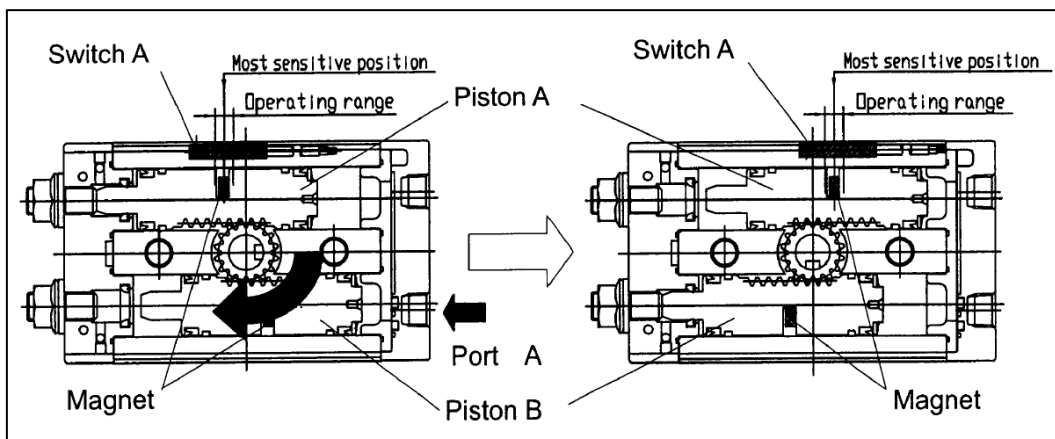
Tras observar un mecanismo similar para voltear vidrios con un pistón neumático de doble efecto y un engranaje recto acoplado al volteador, se ha procedido a solicitar presupuesto y asesoramiento técnico al proveedor *Manxa Industrial*.



Ilustración 53: sistema de volteo de vidrios con pistón neumático (Fuente: Gomas Milan, David Marcó)



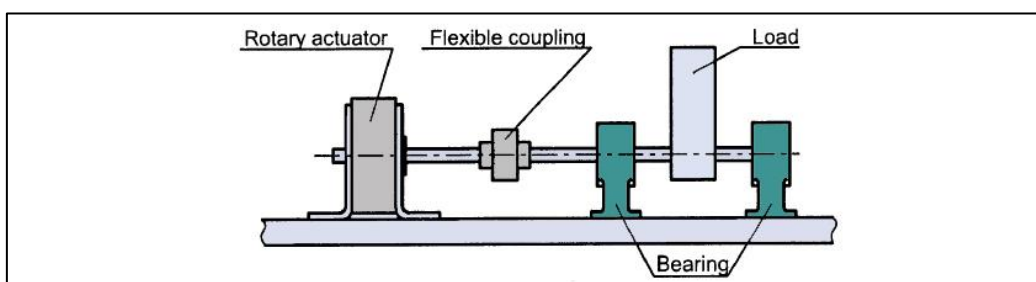
Después de la reunión con los proveedores de pistones (*Manxa Industrial* y *SMC*), se presentó un producto interesante para el proyecto ya que combinaban todos los elementos que se necesitan para realizar el mecanismo de volteo. Es un actuador rotatorio (serie CRQ2), formado por dos pistones de simple efecto y un engranaje acoplado entre los dos pistones, que tienen mecanizada la cremallera.



**Ilustración 54: esquema interior del mecanismo de actuador neumático CRQ2 (Fuente: Operation Manual SMC)**

En la ilustración 14, el interruptor “switch A” es conectado a *on*. Cuando se aplica presión neumática a la entrada A, el pistón B se mueve a la izquierda, y el pistón A se desplaza a la derecha, y el eje gira en sentido de las agujas del reloj. En este punto, el detector magnético está fuera de la zona de operación del interruptor “switch A” por lo que se desconecta este. Entonces, el pistón A se mueve a la derecha y el imán entra a la zona del interruptor “switch B” para detectar la posición actual. Cuando se desee realizar el movimiento de regreso, el autómatas enviará señal para aplicar presión en la entrada del pistón A, girando el eje en sentido contrario a las agujas del reloj.

Para evitar el esfuerzo cortante producido por el peso de la carga a rotar, el catálogo recomienda utilizar la siguiente configuración de apoyos. En este caso, el acoplamiento flexible entre el eje de la carga y el eje del actuador es necesario para evitar daños en el eje o en el engranaje.



**Ilustración 55: esquema de montaje del actuador rotatorio (Fuente: Operation Manual SMC)**

El mayor problema de este mecanismo frente al uso de servomotores es su sencillo control de la aceleración en el momento de finalizar el volteo, por lo que es necesario el uso de topes mecánicos que limiten el movimiento inercial.

En este caso, además del detector magnético de posición de los pistones (cuya señal se procesaría en el autómatas) se complementaría con una base de muelles que acompañen los últimos 20 grados de giro y disponiendo de topes elásticos

En el caso del retorno del volteador a su posición original se desea que se haga lo más rápido posible, por lo que el sistema trabajaría libre, utilizando también una base de tope de goma para evitar sobreesfuerzos en el engranaje.

### 7.5.5. Diseño final del volteador

Para presentar el modelo en CAD se ha realizado el diseño de las partes que se deben mecanizar y la implementación de los mecanismos gracias a la librería que poseen la mayoría de proveedores.

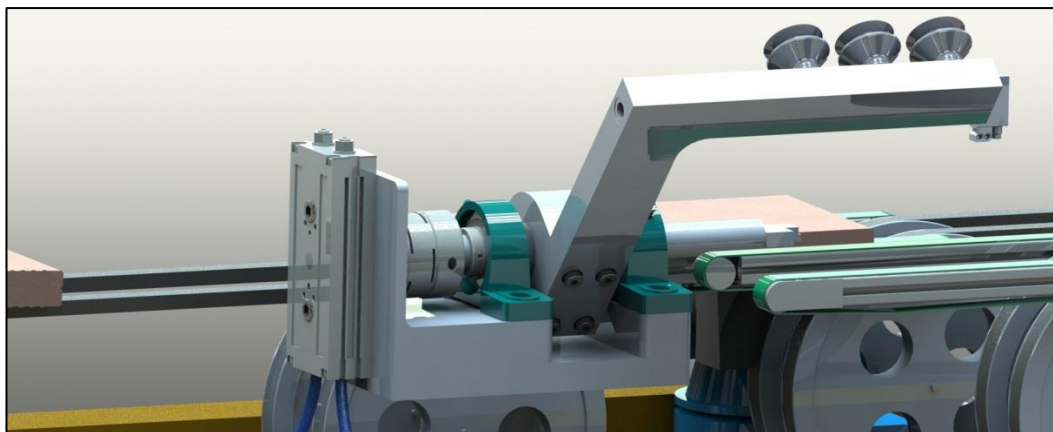


Ilustración 56: volteador dispuesto en la línea de producción (Fuente: propia)

Se han determinado las dimensiones de la bancada seleccionando un modelo de rodamiento de apoyo “UCP2 Serie normal” que permite albergar un eje de acero de 25 mm de diámetro que se considera suficiente para soportar el peso del brazo de aluminio, las ventosas y el peso de la baldosa. Estas carcasas de rodamientos

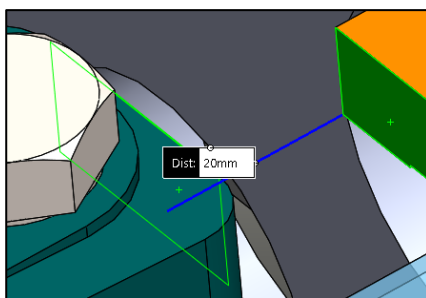
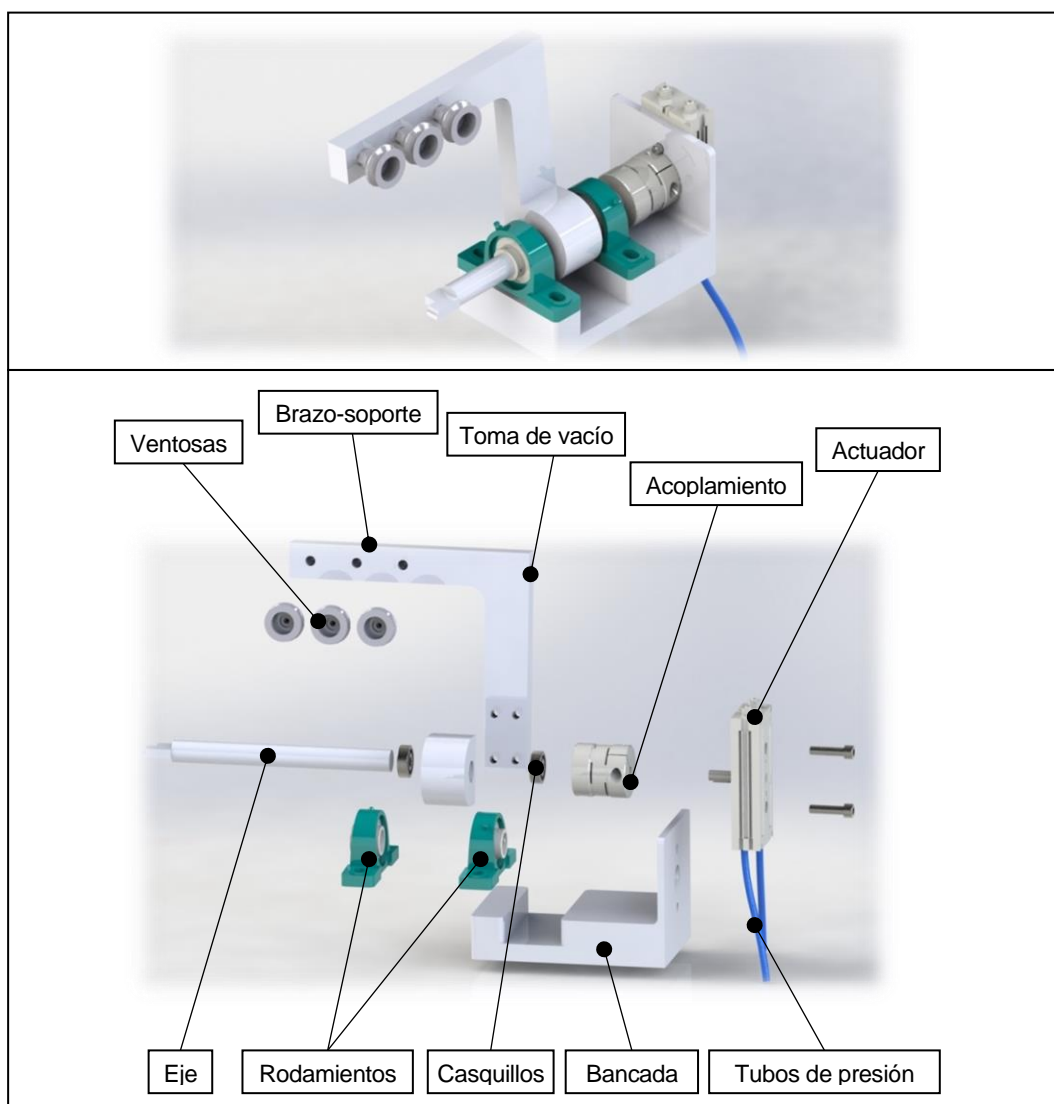


Ilustración 57: distancia entre la baldosa y la bancada (Fuente: propia)

tienen una longitud de 140 mm, por lo que la bancada tiene esta misma anchura. Además, se ha establecido una distancia mínima de 20 mm entre la bancada y la pieza más ancha para evitar el choque en el caso de la baldosa no venga con la alineación correcta.

Cualquier modificación en la anchura de la bancada o en la longitud de los rodamientos provoca la necesidad de alargar el brazo para evitar que las piezas tengan contacto con la base del volteador. Además, el espacio que tiene el actuador es suficiente, permitiendo la instalación del modelo más grande de la serie CRQ2 en el caso de que sea necesario.

La ventaja de este aparato es su capacidad de adaptarse a la línea y la posibilidad de modificar algunos de los elementos, como por ejemplo el actuador en sustitución de un servomotor, o la sustitución del brazo-soporte por otro de dimensiones diferentes, o con una nueva configuración de disposición de ventosas.



**Ilustración 58: ensamblaje de los mecanismos del volteador (Fuente: propia)**

## 7.6. Programación del autómat

La disposición de los sensores y la implementación del autómat quedan a cargo de BisbalMEC, utilizando un sistema de controlador lógico programable (PLC).

El hardware del autómat, al ser básicamente un ordenador, se divide en:

- Fuente de alimentación: suministra energía a los circuitos del autómat.
- Unidad de Control de Proceso (CPU): aloja el microprocesador junto con los dispositivos necesarios para que éste realice su función (tarjetas de memoria, reloj etc.)
- Tarjetas de entradas/salidas: se encargan de que el microprocesador sea capaz de comunicarse con otros dispositivos (otros microprocesadores, sensores, teclado, pantalla etc.)

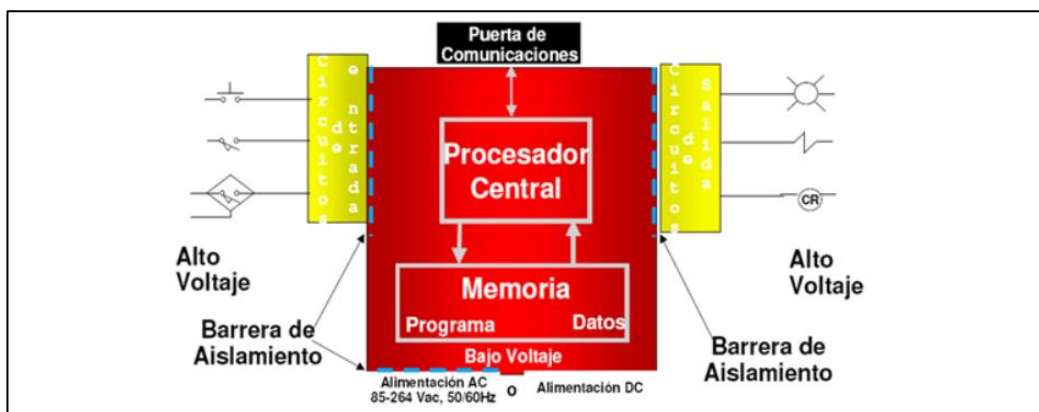


Ilustración 59: esquema de los elementos que conforman un PLC (Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables2.shtml>)

## 7.7. Estructura y seguridad

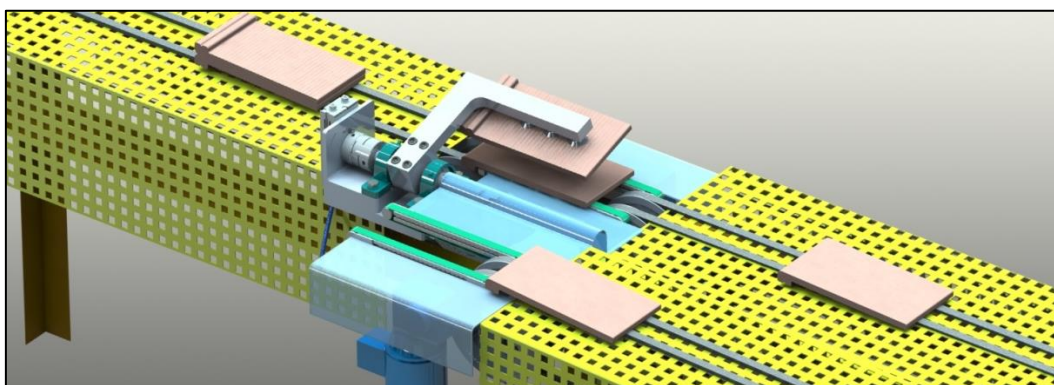
La actual estructura de la línea es de acero, de perfil en L y en T con uniones soldadas. La desventaja es que hay que protegerla de la oxidación, mediante un galvanizado o pintado.

Las estructuras modulares de aluminio presentan numerosas ventajas pero a mayor coste, como son la cantidad de elementos que se pueden acoplar a la máquina, la ligereza, la poca o nula corrosión etc.

La fábrica dispone de un taller donde se podría realizar el montaje de la estructura metálica. Dispone de barras y perfiles junto con una cortadora de disco, soldador de electrodo revestido y herramienta ligera.

Las protecciones van a ser de tipo rejilla continuando con la actual estructura, y se adaptarán unas protecciones desmontables de policarbonato en la zona de volteo

Se dispondrá de una carcasa de policarbonato transparente que proteja a todo el volteador, y evite su manipulación mientras está en funcionamiento, disponiendo de una parada de emergencia a ambos lados.



**Ilustración 60: disposición de la rejilla y las protecciones de policarbonato (Fuente: propia)**

Hay elementos que sus dimensiones no interfieren sustancialmente en el diseño, por lo que se han utilizado unas piezas genéricas que podrían sufrir modificaciones como por ejemplo:

- Poleas de las correas
- Estructura
- Dimensiones de la correa.

Los elementos más importantes que hay que considerar son las distancias entre las correas de una misma línea, y las distancias que hay entre las líneas duplicadas.

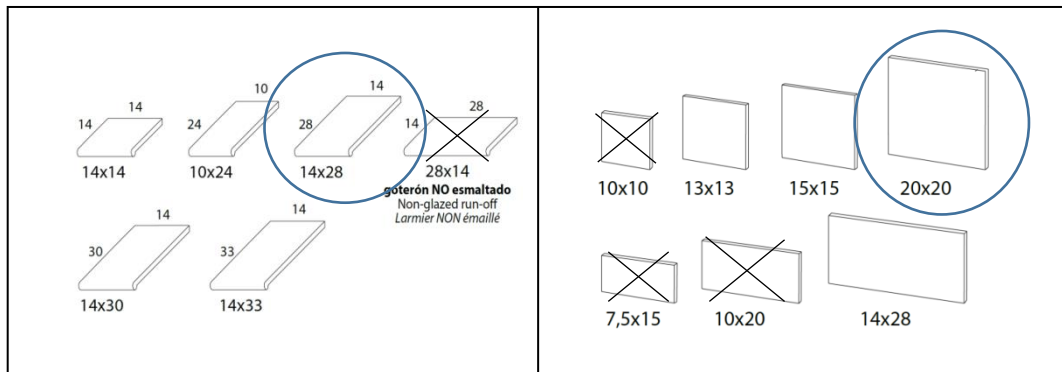
## 7.8. Pruebas de implementación

La fabricación del primer prototipo tiene como objetivo realizar el volteo de los productos principales de esta línea y observar un comportamiento adecuado.

Debido a la escasa fabricación de algunas baldosas, y a su complejidad debido a la reducida anchura, en el primer prototipo de fabricación se descarta el funcionamiento con los siguientes productos:

- Baldosa de 7,5x15: se fabrica un día al año.
- Vierteaguas 28x14: se hace un día al año.
- Baldosa 10x10: se hacen 6 días al año

Se trabajarán entonces anchuras de 13, 14, 15 y 20 centímetros con longitudes variables.



**Ilustración 61: productos principales (circulo) y descartados (tachados) (Fuente: catálogo Cerámica Ferrés)**



## 8. PROVEEDORES

Cabe destacar el numeroso listado de proveedores contactados que pueden intervenir en futuros proyectos similares:

**SCHMALZ:** técnica de vacío para automatización con extenso programa de componentes de vacío y numerosos elementos para la configuración de sistemas de vacío propios

**SMC:** comercialización y distribución de componentes para automatización industrial. Amplia gama de producto que soluciona numerosas aplicaciones

**FESTO:** proveedor de soluciones de automatización mediante tecnología neumática, electrónica y redes para todo tipo de procesos y actividades industriales

**COVAL:** especializada en la fabricación y distribución de sistemas y componentes para el vacío. Gran esfuerzo permanente para innovar en el campo de la tecnología del vacío: ventosas, venturi, vacuostatos, etc.

**MAINCER:** empresa se dedica a la concepción, desarrollo, fabricación y puesta en marcha de maquinaria industrial para diferentes tipos de industria, principalmente para la cerámica y colorificios

**SINERGES:** comercialización y distribución de material técnico para la manipulación y el transporte industrial

**PCE IBERICA:** ofrece equipos de medida, sistemas de regulación y control, equipos de laboratorio y balanzas para aplicaciones de medición y pesaje destinados a la industria, comercio e investigación

**TELCO SENSORS:** diseñador, desarrollador y fabricante danés de una amplia selección de sensores fotoeléctricos, amplificadores fotoeléctricos, cortinas de luz y sensores de horquilla óptica

**FURIO SUMINISTROS INDUSTRIALES:** comercialización de suministros para la industria del sector cerámico e industrias satélites destacando por una fuerte implantación en el área de la provincia de Castellón

**BEHABELT:** fabricante de perfiles de poliuretano y poliéster de alta calidad y cintas transportadoras para aplicaciones de transporte y accionamiento

**OPTIBELT:** fabricante de correas de transmisión de alto rendimiento

**AUTOMATISMOS ARAPIASA:** fabricante de equipos y automatismos para el sector de la cerámica estructural. Ofrece soluciones a los proyectos planteados por los clientes, como en los procesos de fabricación, montaje y puesta en marcha de los equipos a suministrar.

**UNIVERSAL ROBOTS:** proporciona brazos robóticos industriales de 6 ejes seguros, flexibles y fáciles de utilizar a empresas de todos los tamaños, en todo el mundo. Desarrollan robots industriales colaborativos que automatizan y optimizan procesos industriales repetitivos

**AYRTAC:** servicio integral en envases, ingeniería y maquinaria para el sector alimentario

**BISBALMEC:** mecanizados, automatismos y mantenimiento industrial del sector cerámico, ubicada en La Bisbal.

**SEW eurodrive:** empresa de ingeniería de accionamiento proporcionando motores, reductores, motorreductores y técnicas de automatización

**MANXA INDUSTRIAL:** distribuidor especializado en productos para la producción y el mantenimiento industrial. Ofrece soluciones para los sectores del metal, la mecánica, la fabricación y los sectores vinculados a la construcción

**ASS automation system:** diseña las soluciones de agarre especiales para procesos automatizados flexibles

**BRAMMER:** productos y servicios de mantenimiento, reparación y revisión. Suministro de productos de gran calidad y precios competitivos de los principales fabricantes de componentes de ingeniería.

**LOGIC ELECTRONICS:** Sistemas para el control de calidad y automatización mediante sistemas de visión artificial, sistemas de comunicación máquina a máquina y diseño de software desarrollados a la medida del cliente

**ISB:** servicio inmediato y soluciones "just in time" con una gran gama y la variedad de productos como rodamientos, soportes, casquillos, rotulas, coronas de giro, productos de acero etc.

## 9. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL

Con la evolución de la tecnología y el uso y tendencia de automatizar todos los desempeños laborales genera un aumento en la productividad y de la maquinaria, lo que provoca mayores desechos industriales y consumo de energía, haciendo que el medioambiente sea más vulnerable.

Por suerte, hoy en día hay muchas empresas que están apostando por nuevos programas de desarrollo sostenible, y que pretenden alcanzar la excelencia de la calidad en todos los niveles.

El desarrollo industrial debe ir ligado a un desarrollo ético en donde se tenga en cuenta todas las consecuencias de estos avances, y vaya ligado a un compromiso con el entorno gracias a los certificados, validaciones y verificaciones ambientales, que permiten a una organización acreditar su compromiso con el medio ambiente, minimizando los impactos y favoreciendo la mejor gestión de los recursos.

El funcionamiento de la máquina descrita pretende ser un ejemplo de avance en todos los sentidos, y el análisis de la línea de producción ha generado interés por mejorarla y hacerla más eficiente sobre todo en los sistemas que consumen más energía, como son las estufas y los hornos.

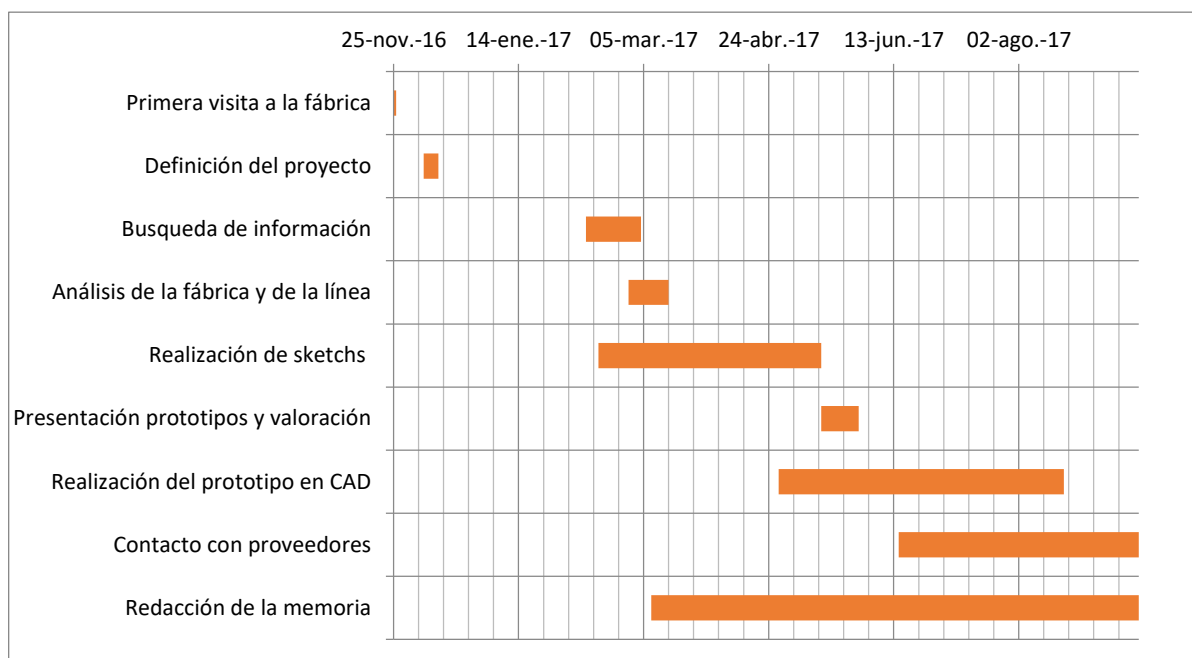
Esta fábrica que utiliza productos que la tierra le ofrece es responsable de saberlos gestionar para que el balance de la huella ecológica sea mínimo y no presionar a los recursos del planeta.

## 10. PLANIFICACIÓN TEMPORAL

Para llevar a cabo la planificación de las actividades del estudio se hará uso del diagrama de Gantt. Un diagrama de reconocida ayuda para realizar este tipo de ejercicios. Se muestran las diferentes tareas a ejecutar, fecha de inicio y fecha de finalización, la duración y extensión en días.

Una actividad es considerada crítica cuando no se pueden alterar los instantes de inicio y finalización sin modificar la duración total del proyecto. La duración total del proyecto son 298 días, invirtiendo un total de 378 horas.

Actividades	Inicio	Final	Duración en horas	Extensión de la tarea
Primera visita a la fábrica	25-nov-16	26-nov-16	4	1
Definición del proyecto	07-dic-16	13-dic-16	4	6
Búsqueda de información	10-feb-17	04-mar-17	40	22
Análisis de la fábrica y de la línea	27-feb-17	15-mar-17	15	16
Realización de sketch	15-feb-17	15-may-17	25	89
Presentación prototipos y valoración	15-may-17	30-may-17	15	15
Realización del prototipo en CAD	28-abr-17	20-ago-17	140	114
Contacto con proveedores	15-jun-17	19-sep-17	15	96
Redacción de la memoria	08-mar-17	19-sep-17	120	195
<b>Total</b>			<b>378</b>	<b>298</b>



# CONCLUSIONES

## Conclusiones generales

Después de realizar este trabajo, se ha obtenido una serie de conclusiones relacionadas con los proveedores, la automatización y los procesos de manipulado con sistemas neumáticos y de vacío.

Estos sistemas son tecnología actual cada vez con más presencia en los procesos. En la fábrica, la necesidad por innovar es clara, y esta inversión podrá proporcionar el **crecimiento de la producción**, la reducción de costes y la capacidad de aumentar las instalaciones y el personal técnico que se encargue del funcionamiento de estos procesos.

Con este estudio se ha conseguido tener una visión global de la **cantidad de proveedores** que existen, siendo importante realizar reuniones con el personal técnico comercial para conocer sus productos y presentar el prototipo con seriedad e interés.

La importancia de contactar con **empresas cercanas** que están relacionadas con el sector genera vínculos más directos que las grandes empresas que diseñan procesos automáticos que no se encuentran en la localidad, obteniendo un trato cordial y profesional con los interesados en el proyecto y con los proveedores y fabricantes locales, que son los que van a dar respuesta en futuras ocasiones.

El uso del software Solid Works es imprescindible para realizar trabajos de estas características, disponiendo de todos los elementos mecánicos que disponen los proveedores en formatos compatibles con el software, pudiendo implementarlo en el ensamblaje. La presentación del prototipo con imágenes que se asemejan a la realidad ayuda a entender el proceso y a plantear modificaciones y mejoras.

En el caso del prototipado del sistema de vacío, se han tenido que hacer uso de **pruebas experimentales** debido a que se desconocía el comportamiento de las ventosas en la cerámica fresca, por lo que han cobrado más importancia los resultados analíticos que los teóricos.

La fabricación de sistemas de manipulado requiere combinar numerosas técnicas de la mecánica y robótica en donde **domina la experiencia** adquirida en este campo, por lo que el proceso de aprendizaje ha sido muy variado.

Por último, la oportunidad de **conocer una fábrica** como *Cerámica Ferrés* desde dentro ha proporcionado un gran valor añadido a los estudios de ingeniería, adquiriendo gran interés y ganas de continuar en el sector.

## Alternativas de diseño

En la búsqueda de otras alternativas de automatización, se ha analizado la rapidez de los ciclos continuos a los que va a estar sometido el volteador.

Tabla 9: tiempo de ciclo del volteador

<b>Ciclo volteo vierteaguas 14x28</b>	10 segundos
<b>Ciclo volteo baldosas 20x20</b>	8 segundos
<b>Ciclo volteo baldosas 10x10</b>	4,5 segundos

Se puede comprobar que el formato de baldosas pequeñas está sometido a numerosos ciclos (4000 ciclos cada jornada de 5 horas) de 4,5 segundos de duración.

El hecho de depender de procesos sucesivos para lograr tener las baldosas en el palé hace que se necesiten volver a tocar las piezas nuevamente. Cada proceso al que se le somete una pieza, ya bien sea cerámica o de otros materiales, supone un incremento del coste.

El objetivo final de la etapa de apilado es conseguir que las baldosas queden apiladas en el palé, lo que forma parte de la logística industrial.

Además, actualmente hay un valor añadido por parte de los operarios, quienes realizan la inspección visual de las superficies (control de calidad) y ejecutan toda la labor de paletizado, desde que vienen las baldosas por la línea, hasta que acaban apiladas en el palé. En este sentido, el siguiente objetivo es presentar otras alternativas de automatización que realicen el paletizado directo, con el mínimo número de manipulaciones del producto.

Por ello, el proceso optimizado debería hacer a la vez el volteo, el paletizado y la inspección visual.

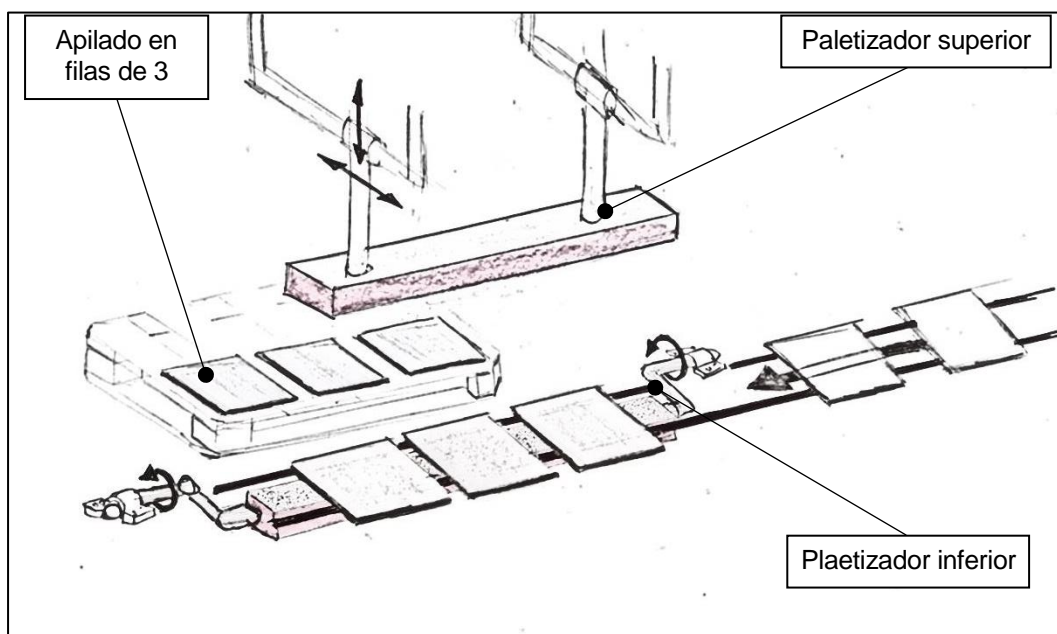
Antes del apilado se debería situar un sistema que realice visión artificial 3D. Este sistema utiliza técnicas de triangulación láser para escanear la pieza mientras esta avanza por la línea. Se obtiene un mapa de profundidades de la pieza que es procesado por un ordenador. Existe la posibilidad de utilizar técnicas 2D que iluminan la superficie provocando una diferencia de contraste.



Estos sistemas permiten detectar, clasificar y visualizar los defectos en materiales a medida que se fabrican a grandes velocidades de producción, además de llevar un inventario del producto.

A continuación, se debe disponer de una zona que agrupe una fila de baldosas que ocupen el ancho del pale, para ser sometido a un proceso de paletizado. En la siguiente ilustración, se presenta un *sketch* de la etapa, utilizando dos paletizadoras con sistema de vacío:

- Una superior, que se encarga de levantar las baldosas por la cara del engobe y depositarlas en el palé
- Una inferior, que levanta las baldosas por la cara inferior y las voltea, colocándolas encima de las anteriores.



**Ilustración 62:** apilado de baldosas cuyo funcionamiento consiste en activar el paletizador superior de la serie de 3 y apilarlas en el palé (contacto con la cara del engobe), y a continuación activar el paletizador inferior que volteará la siguiente serie de 3 baldosas encima de las que se acaban de apilar en el palé.



**Ilustración 63:** ejemplos de paletizadores para diferentes aplicaciones (Fuente: <https://www.coval-iberica.com/productos/cajones-de-vacio-estandar-serie-cvg-2541.htm>)

En este caso, existen varios productos que se pueden obtener de proveedores de paletizadoras, como por ejemplo *Coval*. Tiene diferentes sistemas de cajones de vacío que se pueden suministrar en numerosos tamaños. Lo importante es encontrar el tipo de pletina (de espuma o de ventosa) que se adapte mejor a las baldosas frescas para no dejar ninguna marca en la cara del engobe.

A mayor número de ventosas menor es el esfuerzo en la superficie de agarre (repartición del peso, con lo que también se disminuye el marcado del material).

El proveedor *Manxa Industrial* es el único distribuidor autorizado de la zona, por lo que se ha contactado nuevamente para realizar pruebas con los maletines de ventosas de muestra en el material fresco.



Ilustración 64: pletinas de diferentes materiales según la aplicación (Fuente: catalogo coval)

En el caso de que la superficie del engobe no se marque, se puede realizar un desarrollo del prototipo de paletizadora como alternativa de diseño.

## Continuación del proyecto

Las perspectivas del proyecto van encaminadas a la fabricación de la máquina, donde ya se han adquirido algunos de los elementos. La automatización de esta etapa es una de las prioridades de la fábrica y se confirma el interés por utilizar alguno de los sistemas descritos.

La estación de volteo diseñada es un prototipo que se pretende comprobar su funcionamiento en estado real. El coste que supone la realización de este proyecto no presenta inconvenientes para la fábrica, insistiendo en mejorar otros mecanismos de manipulación, corte o pintado con ayuda de un equipo de ingeniería propio que comparta el mismo interés.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Pagina web Cerámica Ferrés, 2017

<http://www.ceramicaferres.com/index.php?lang=es>

[2] Página web Marca España, 2017

<http://marcaespana.es/actualidad/somos/la-industria-ceramica-espanola-lider-mundial>

[3] Página web de turismo de La Bisbal, 2017

<http://www.visitlabisbal.cat/es/ceramica-de-la-bisbal>

[4] Estudio arquitectónico Cerámica Ferres, departamento técnico 2002

[5] Catálogo de Cerámica Ferrés, 2017

[http://www.ceramicaferres.com/images/pdf/grups/CFE\\_web.pdf](http://www.ceramicaferres.com/images/pdf/grups/CFE_web.pdf)

[6] Accesorios para línea de esmaltado, MAINCER, 2017

[7] Robot Hand Kit (EOAT), Ass Automation System, 2017

[8] Página web *Automatismos Araipiasa*, 2017

<http://www.araipiasa.com/es/productos/>

[9] Página web *Direct industry*, 2017

<http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/linea-produccion-134633.html>

[10] Catálogo de productos Interroll, 2017

<https://www.interroll.es/productos/transportadores-sorters/productos-clave/transferencia-rm-8731/>

[11] Sistemas de construcción modular MB, Catálogo general ítem, 2015

[12] Pagina web de SMC, 2017

[https://www.smc.eu/portal\\_ssl/WebContent/main/index\\_restyling.jsp?is\\_main=yes](https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/main/index_restyling.jsp?is_main=yes)

[13] Model Lineal, Regressió, Diseño de experimentos ESEIAAT, 2017

[14] Sensores y sistemas de control IFM 2017

<http://www.ifm.com/ifmes/web/home.htm>

[15] Coval vacuum manager, cajones de vacío modulares, 2017

[16] Actuador de giro compacto, SMC, 2017

[17] Operation manual, compact rotatory actuator SMC, 2017

[18] Sistema de vacío y componentes, SCHMALZ, 2017

[19] Página web schmalz

<https://www.schmalz.com/es/>

[20] Productos y aplicaciones de productos de cemento, OPTIBELT, 2017

[21] Termómetro de contacto PCE-ST1, PCE Instruments, 2017

[22] Transportadores sienrges, Edición 6, 2014



[23] Catálogo de archivos CAD de item ikasys, 2017

[http://www.item24.es/es/pagina-de-inicio/servicio-nav/servicio/herramienta-de-planificacion-ikasys.html?token=7c4cd14709be9104ba3bcc6a01d3fc05&\\_ga=2.126789325.1786428361.1493827464-1012667818.1493826112](http://www.item24.es/es/pagina-de-inicio/servicio-nav/servicio/herramienta-de-planificacion-ikasys.html?token=7c4cd14709be9104ba3bcc6a01d3fc05&_ga=2.126789325.1786428361.1493827464-1012667818.1493826112)

[24] Introduction to RoboCylinder, 3rd Revised Edition, IAI, 2015

[25] Catálogo general Furio suministros industriales, 2016

